

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**Resistencia en concreto con cemento sustituido al  
4 %, 6 % y 8 % por arcilla activada de Yacya – Huari.**

**Tesis para optar el título profesional de Ingeniero civil**

**Autor**

Nieto Aguirre, Heyner Jerson

**Asesor**

Flores Reyes, Gumercindo

Chimbote – Perú

2018

## **PALABRAS CLAVE:**

---

<b>Tema</b>	Resistencia de concreto
<b>Especialidad</b>	Tecnología del concreto

---

## **KEYWORDS:**

---

<b>Theme</b>	Concrete resistance
<b>Speciality</b>	Concrete technology

---

## **LINEA DE INVESTIGACIÓN:**

---

<b>Código</b>	<b>Línea</b>
1.0.	Ingeniería
2.0.	Ingeniería y tecnología
2.1.	Ingeniería civil

---

## **Titulo**

**"Resistencia en concreto con cemento  
sustituido al 4 %, 6 % y 8 % por arcilla  
activada de Yacya - Huari"**

## **RESUMEN**

*El trabajo de investigación tuvo por objetivo estudiar y evaluar la resistencia a la compresión de un concreto que cumpla las características de resistencias indicadas en el reglamento, cuando se sustituye parcialmente el peso del cemento por arcilla activada de Yacya – Huari en un 4%, 6% y 8%.*

*El proyecto de investigación experimental se ejecutó en una primera etapa, donde se diseñó un concreto tradicional a la que se le designa mezcla patrón para la resistencia  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , en una segunda etapa a esta mezcla se le sustituyó al cemento por la arcilla activada de Yacya – Huari en 4%, 6% y 8%, y en una tercera etapa se realizó la evaluación y comparación de la resistencia a la compresión de las probetas a las edades de 7, 14 y 28 días.*

*Los resultados alcanzados demuestran que el concreto experimental con 4%, 6% y 8% de sustitución por la arcilla de Yacya – Huari mejoró la resistencia a la compresión de un concreto convencional de  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , pero el concreto experimental con 8% de sustitución es el que muestra mejores resultados.*

## **ABSTRACT**

*The objective of the research work was to study and evaluate the compressive strength of a concrete that meets the characteristics of resistance indicated in the regulation, when the weight of cement is partially replaced by activated clay of Yacya - Huari in 4% 6% and 8%.*

*The experimental research project was carried out in a first stage, where a traditional concrete was designed, which is called a standard mixture for the resistance  $f_c = 210 \text{ kg / cm}^2$ , in a second stage this mixture was replaced by cement by the Activated clay from Yacya - Huari in 4%, 6% and 8%, and in a third stage the evaluation and comparison of the compressive strength of the specimens at the ages of 7, 14 and 28 days was carried out.*

*The results obtained show that the experimental concrete with 4%, 6% and 8% substitution by the Yacya - Huari clay improved the compressive strength of a conventional concrete of  $f_c = 210 \text{ kg / cm}^2$ , but the experimental concrete with 8 % substitution is the one that shows better results.*

## ÍNDICE

Contenido	
Palabras claves – Keywords – Línea de investigación	i
Título	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Índice	v
I. Introducción	2
II. Metodología de trabajo	38
III. Resultados	43
IV. Análisis y discusión	61
V. Conclusiones y recomendaciones	65
VI. Dedicatoria	69
VII. Referencias bibliográficas	71
VIII. Anexos y apéndices	74

## Lista de tablas

Tabla I – Compuestos que constituyen el cemento	10
Tabla II – Composición química del cemento Pacasmayo Tipo I	11
Tabla III – Requisitos granulométricos del agregado fino	15
Tabla IV -- Identificación de cantera de Chimbote (agregado grueso y fino)	20
Tabla V -- Requisitos para agua de mezcla - N.T.P 339.088	22
Tabla VI – Superficie específica de la arcilla	27
Tabla VII – Peso específico de la arcilla	27
Tabla VIII – Composición química de la arcilla de Yacya Expresada como Elementos	28
Tabla IX – Operacionalización de la variable dependiente	34
Tabla X – Operacionalización de la variable independiente	34
Tabla XI – Operacionalización de la variable independiente	38
Tabla XII – Operacionalización de la variable independiente	40
Tabla XIII – Composición química de la arcilla de Yacya Expresada como Óxido	45
Tabla XIV – Análisis de PH de la arcilla activada de Yacya – Huari	45
Tabla XV – Ensayo de compresión concreto patrón a los 7 días de curado	48
Tabla XVI - Ensayo de compresión concreto patrón a los 14 días de curado	48
Tabla XVII - Ensayo de compresión concreto patrón a los 28 días de curado	49
Tabla XVIII - Ensayo de compresión concreto experimental 4% a los 7 días de curado	50
Tabla XIX - Ensayo de compresión concreto experimental 4% a los 14 días de curado	50
Tabla XX - Ensayo de compresión concreto experimental 4% a los 28 días de curado	50
Tabla XXI - Ensayo de compresión concreto experimental 6% a los 7 días de curado	52
Tabla XXII - Ensayo de compresión concreto experimental 6% a 14 días de curado	52
Tabla XXIII - Ensayo de compresión concreto experimental 6% a 28 días de curado	52
Tabla XXIV - Ensayo de compresión concreto experimental 8% a 7 días de curado	54
Tabla XXV - Ensayo de compresión concreto experimental 8% a 14 días de curado	54
Tabla XXVI - Ensayo de compresión concreto experimental 8% a 28 días de curado	54

Tabla XXVII - Resistencias a la compresión de concreto con un porcentaje de cemento sustituido por arcilla activada de Yacya – Huari según días de curado	58
Tabla XXVIII - Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias	58
Tabla XXIX - Calculo de la prueba de Tukey para verificar cuál de las resistencias	59

### **Lista de figuras**

Figura 01 – Diferentes tipos y colores de arcillas	23
Figura 02 – Estructuración de las arcillas (tetraedros)	25
Figura 03 – Estructuración de las arcillas (octaedros)	26
Figura 04 – Curva de pérdida de masa	43
Figura 05 – Curva calorimétrica DSC	43
Figura 06 – Análisis térmico diferencial	44

### **Lista de gráficos**

Gráfico 01 - Resistencia a la compresión concreto patrón 7,14 y 28 días	49
Gráfico 02 - Resistencia a la compresión concreto experimental 4 % a los 7,14 y 28 días	51
Gráfico 03 - Resistencia a la compresión concreto experimental 6 % a los 7,14 y 28 días	53
Gráfico 04 - Resistencia a la compresión concreto experimental 8 % a los 7,14 y 28 días	55
Gráfico 05 – Comparación a la compresión patrón y experimental a los 7,14 y 28 días	56
Gráfico 06 – Comparación a la compresión concreto experimental 8% a los 7,14 y 28 días	57

**Capítulo I**

**INTRODUCCIÓN**

## I. INTRODUCCIÓN

*Dentro de los antecedentes y fundamentación científica tenemos:*

Delgado, A. y Negrete, C. (2012) desarrollaron la investigación titulada: *“Evaluación del uso de arcillas y puzolanas para la fabricación de cemento portland puzolánico tipo IP”*.

Siendo la metodología empleada la experimentación, la cual llegó a las siguientes conclusiones:

Con el uso de nuevos métodos e instrumentos analíticos se abren muchas puertas para la aplicación de materiales alternativos como sustitutos de los materiales tradicionales usados en la elaboración del cemento; materiales varios que van desde calizas, arcillas, escorias de procesos industriales y un sin número de materiales más que actualmente se encuentran en estudio gracias a la facilidad, exactitud y rapidez del análisis instrumental, sin dejar de lado los métodos tradicionales que a pesar de ser arduos, nunca dejarán de ser los más confiables.

La dosificación del 10% de material alternativo a remplazar en lugar de puzolanas no da resultados altamente satisfactorios para ningún material, pero se llega a la conclusión de que una dosificación menor al 10% dará resultados óptimos ya que los valores obtenidos con el 10% de material en mezcla.

Para los materiales se ha podido establecer que la temperatura máxima y óptima de activación es de 600°C, ya que una temperatura superior no afecta en mayor medida a la actividad puzolánica del árido.

Curiel, G. y Hernández, L. (2012) desarrolló la investigación titulada: *“Resistencia a la compresión de morteros utilizando cemento portland tipo II y arcilla”*.

Siendo la metodología empleada descriptiva, la cual llegó a las siguientes conclusiones:

Utiliza una proporción de 0% y 20 % de arcilla/cemento y relaciones de 1.3:1 y 1.8:1 aglomerante/arena, determinando las propiedades físicas de los agregados finos y la arcilla mediante ensayos de laboratorio regidos por las normas

COVENIN. Elaborando 320 cubos para los ensayos de resistencia a la compresión a los 7 y 28 días alcanzando una resistencia de 306 kg/cm<sup>2</sup>.

Se comprobó el potencial uso de la arcilla en estado natural para el reemplazo proporcional del cemento, y su efecto en las propiedades físico mecánico de morteros.

Osorio, N. (2005) desarrolló la investigación titulada: *“Caracterización de las arcillas para la fabricación de ladrillos artesanales”*.

No puede determinarse por simple inspección visual, si el tipo de arcilla que se extrae, es el adecuado para formar parte de la mezcla con la que fabrica el ladrillo artesanal, debe someterse a una serie de ensayos físicos, mecánicos y químicos para determinar sus propiedades y características, límites de Atterberg, gravedad específica, granulometría por sedimentación y tamices, porcentajes de absorción y ensayo a compresión para establecer una dosificación adecuada de la mezcla, para obtener un producto de calidad.

Los suelos que tienen un alto contenido de óxido de hierro tienden a tomar un color rojizo más oscuro durante la cocción.

Tironi, A. (2013) desarrolló la investigación titulada: *“Materiales cementicos de baja energía. Activación térmica de arcillas, relación entre estructura y actividad puzolánica”*

Siendo la metodología empleada experimental, la cual llegó a las siguientes conclusiones:

El desarrollo de esta tesis permitió caracterizar arcillas caoliníticas y bentonitas de diferentes regiones de Argentina, determinando diferencias mineralógicas y estructurales.

La mayor actividad puzolánica se obtiene cuando se utilizan arcillas caoliníticas con elevado contenido de Caolinita y estructura desordenada, no siendo necesario un contenido del 100%, sino el suficiente para reaccionar con el Ca(OH)<sub>2</sub> producido durante la hidratación del cemento, alcanzando aproximadamente 50% de Caolinita.

Druc, I. (2000) desarrolló la investigación titulada: *“Etnoarqueología cerámica en la zona de huari, Ancash”*, Se llevó a cabo un estudio etnoarqueológico para conocer mejor las estrategias de producción de los alfareros de la región de Huari para caracterizar a las materias primas y cerámicas de la zona.

Las entrevistas se hicieron en dos grupos de personas, los ceramistas de la zona (familiares y ayudantes) y los informantes. La mayoría de los ceramistas entrevistados eran hombres, en Yacya la alfarería es una ocupación femenina.

Se utiliza raku, una tierra arcillosa, y shashal, un tipo de pizarra molida como desgrasante. La producción se hace en el patio de la casa, y las vasijas se queman en una chacra cercana. La quema puede durar de 24 a 48 horas, según la cantidad de vasijas, y es la obra del tambero y sus ayudantes.

Los análisis petrográficos de muestras de raku que provienen de diversos lugares debajo de Yacya tienen una granulometría variable y una distribución de los componentes minerales que no es homogénea (mayormente: cristales de cuarzos y fedelspatos, y fragmentos de cuarzita).

Mediante la presente investigación, se busca mejorar de manera específica la resistencia  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  obtenida de un diseño de concreto sustituyendo el cemento por la ceniza de arcilla en 4 %, 6 % y 8 % el que beneficie casi en su totalidad a las viviendas en la provincia del Santa y así comparar con el método de elaboración tradicional.

En la actualidad buscar alternativas de recursos naturales para el diseño de un concreto de Alta Resistencia , nos lleva a darle mayor interés y difusión a una tecnología que en países desarrollados ya la usan varias décadas atrás y sabiendo que en Ancash y en casi todo el Perú hay grandes cantidades de arcillas, nuestra investigación que a corto plazo será una opción interesante para la construcción, debido a que las técnicas constructivas ofrecerán en el futuro estructuras con los elementos más ligeros y delgados, pero con una resistencia sumamente mayor y a un costo menor, como lo es en este caso la arcilla de Yacya – Huari – Ancash.

Así mismo en el ámbito económico el consumo de energía eléctrica de las

maquinarias para la fabricación del cemento sería menor ya que para la elaboración del cemento tradicional los materiales se calcinan a temperaturas de 1400°C, en cambio para la calcinación de los componentes de la arcilla se calcinan a temperaturas promedios de 600°C – 900°C. Así mismo el transporte sería otro factor que podría reducir económicamente ya que la materia prima sería de la región y gestionaría empleo para los trabajadores.

Así mismo en ámbito del ambiente las plantas de cemento pueden tener impactos ambientales negativos, como emisiones durante el enfriamiento del horno y la escoria (partículas o "polvo del horno", gases de combustión que contienen monóxido (CO) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), hidrocarburos, aldehídos, cetonas y óxidos de azufre y nitrógeno) que afectan la capa de ozono, en cambio el impacto de los hornos para la activación térmica de los precursores puzolánicos serían menores ya que no tienen componentes contaminantes en gran efecto para la capa de ozono.

Durante el proceso de investigación se percibe la siguiente situación problemática: La ingeniería civil y los materiales de construcción se han desarrollado considerablemente a partir de la segunda mitad del siglo XX. Los países pobres y en vías de desarrollo hacen grandes esfuerzos para desarrollar tecnologías que les permitan aprovechar sus vastos recursos naturales y generar sus propios materiales de construcción.

La diversidad de aplicaciones que tiene el cemento en la actualidad hace que sea necesario elaborar productos de diferentes características, obedeciendo a las distintas necesidades de resistencia mecánica y química, color, tiempos de fraguado y costos, entre otras. Para lograrlo se requiere utilizar, en su elaboración, sustancias naturales o sintéticas que impriman al cemento las propiedades requeridas. Esta función la cumplen las llamadas puzolanas. Donde dentro de las puzolanas se encuentran las arcillas.

Hoy en día en nuestra región por tratar de economizar materiales recurren a agregar menos cemento de lo especificado en las construcciones, he ahí donde

nuestro trabajo de investigación se fundamenta porque buscamos sustituir parcialmente el cemento por ceniza de arcilla activada que es una materia prima que se encuentra a un bajo costo y en abundancia en nuestra provincia.

Por estos motivos se dispondrá a elaborar un concreto utilizando arcilla de Yacya como sustitución parcial del cemento en un concreto  $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ . El concreto tendrá en su composición la sustitución parcial del cemento por arcilla activada con lo cual se busca comprobar que sustituyendo el cemento se obtendrá una mayor resistencia a compresión del concreto.

**¿EN QUÉ MEDIDA LA ACTIVACIÓN TÉRMICA DE LOS PRECURSORES PUZOLÁNICOS DE SILICIO Y ALUMINIO CONTENIDOS EN LAS ARCILLAS DE YACYA – HUARI, PERMITIRÁ OBTENER UN MATERIAL CEMENTANTE CAPAZ DE SUSTITUIR EL 4 %, 6 % Y 8 % DEL CEMENTO EN EL CONCRETO CON RESISTENCIAS PRÓXIMAS A UN PATRÓN DE DISEÑO  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ?**

*Después de haber formulado la problemática es necesario conceptualizar y operacionalizar las variables.*

### **CONCRETO:**

El concreto es una mezcla de cemento, agregado grueso o piedra, agregado fino o arena y agua. El cemento se obtiene de la pulverización del clínker, el cual es producido por la calcinación hasta la fusión insipiente de materiales calcáreos y arcillosos. El agregado fino o arena debe ser durable, fuerte, limpio, duro y libre de materias impuras como polvo, limo, pizarra, álcalis y materias orgánicas.

El concreto es una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesta de cemento portland y agua, une a los agregados (arena y grava o piedra triturada) para formar una masa semejante a una roca (Gomezlurado, J., 2007).

La principal característica estructural del concreto es que resiste muy bien los esfuerzos de compresión, pero no tiene buen comportamiento frente a otros tipos de esfuerzos (tracción, flexión, cortante, etc.), por este motivo es habitual usarlo asociado a ciertas armaduras de acero.

### **PROPIEDADES DEL CONCRETO:**

**Trabajabilidad:** Es una propiedad importante para muchas aplicaciones del concreto. En esencia, es la facilidad con la cual pueden mezclarse los ingredientes y la mezcla resultante puede manejarse, transportarse y colocarse con poca pérdida de la homogeneidad.

**Durabilidad:** El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgastes, a los cuales estará sometido en el servicio.

**Impermeabilidad:** Es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla.

**Resistencia:** Es una propiedad del concreto que, casi siempre, es motivo de preocupación. Por lo general se determina por la resistencia final de una probeta

en compresión. Como el concreto suele aumentar su resistencia en un periodo largo, la resistencia a la compresión a los 28 días es la medida más común.

**Consistencia:** La consistencia o “slump test”, está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua. Sirve para evaluar su capacidad para adaptarse con facilidad al encofrado que lo va a contener.

#### **ESTADOS DEL CONCRETO:**

**Estado fresco.** Al principio el concreto parece una “masa”. Es blando y puede ser trabajado o moldeado en diferentes formas. Y así se conserva durante la colocación y la compactación. Las propiedades más importantes del concreto fresco son la trabajabilidad y la cohesividad.

**Estado fraguado.** Después, el concreto empieza a ponerse rígido. Cuando ya no está blando, se conoce como fraguado del concreto. El fraguado tiene lugar después de la compactación y durante el acabado.

**Estado endurecido.** Después de que concreto ha fraguado empieza a ganar resistencia y se endurece. Las propiedades del concreto endurecido son resistencia y durabilidad.

#### **CEMENTO:**

**Definición:** 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.

**Clinker:** Es un producto artificial obtenido de la calcinación a elevadas temperaturas (1400 –1450°C) de la mezcla en proporciones específicas de polvo de rocas arcillosas y calizas, obteniéndose módulos de varios tamaños usualmente ¼” a 1” de diámetro de color negro característico, reluciente y duros al enfriarse.

Los dos materiales principales con que se fabrica el cemento Portland son: la piedra caliza y arcilla.

### **Fabricación del Cemento Portland:**

Las materias primas, finamente molidas e íntimamente mezcladas, se calientan hasta principios de la fusión (1400-1450 °C), usualmente en grandes hornos giratorios, que pueden llegar a medir más de 200m de longitud y 5.50m de diámetro. El Clinker enfriado y molido a polvo muy fino, es lo que construye el cemento portland comercial. Durante la molienda se agrega una pequeña cantidad de yeso (3 o 4 %), para regular la fragua del cemento.

### **Composición química del Cemento Portland:**

Como el cemento es una mezcla de muchos compuestos, resulta impráctica su representación con una fórmula química. No obstante los compuestos químicos establecidos por primera vez por Le Chatelier en 1852, son los que definen el comportamiento del Cemento hidratado.

Hay cuatro compuestos que constituyen más del 90% del peso del cemento y son:

Silicato Tricálcico ( $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ )	C3S
Silicato Dicálcico ( $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ )	C2S
Aluminio Tricálcico ( $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ )	C3A
Aluminio Ferrita Tricálcica ( $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ )	C4AF

Cada uno de los cuatro compuestos principales del cemento portland contribuyen en el comportamiento del cemento, cuando pasa del estado plástico al endurecido después de la hidratación (Taylor, H. 2003).

**Silicato Tricálcico (C3S):** Este compuesto químico define la resistencia inicial y tiene incidencia directa en el calor de hidratación.

**Silicato Dicálcico C2S:** Este compuesto define la resistencia a largo plazo, teniendo menos incidencia en el calor de hidratación.

**Aluminio Tricálcico C3A:** Este compuesto por sí solo no incide en la resistencia del cemento, pero en combinación con los silicatos condiciona el fraguado

violento actuando como catalizador, es necesario añadir yeso en el proceso de 3% a 6% para controlarlo.

**Aluminio Ferrita Tricálcica C4AF:** Tiene trascendencia en la velocidad de hidratación y en menor incidencia en el calor de hidratación.

**Óxido de Magnesio (MgO):** Este componente tiene importancia para contenidos mayores del 5% pues genera problemas de expansión en la pasta hidratada y endurecida.

**Óxido de Potasio y Sodio (K<sub>2</sub>O5NaO):** Son más importantes estos alcalis cuando entran en contacto con cierto tipo de agregados produciéndose reacciones químicas generando expansiones en los cementos y morteros.

**Óxido de manganeso y titanio (Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>):** El primero no tiene significación especial en las propiedades del cemento, salvo en su colocación, que tiende a ser marrón si se tiene contenidos mayores al 3% y se ha observado que para contados mayores del 5% existe disminución de las resistencias a largo plazo.

TABLA I – Compuestos que constituyen el cemento.

%	COMPONENTE QUÍMICO	PROCEDENCIA USUAL
95%<	Óxido de calcio (CaO)	Rocas Calizas
	Óxido de Sílice (SiO <sub>2</sub> )	Areniscas
	Óxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Arcillas
	Óxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Arcillas, Mineral de Hierro, pirita
5%<	Oxido de Magnesio, Sodio, potasio, titanio, azufre, fósforo y magnesio	Minerales Varios

Fuente: Componentes y propiedades del cemento, IECA.

### Características del Cemento Portland:

El cemento portland es un polvo de color gris, más o menos verdoso. Se vende en bolsas que tienen un peso neto de 42.5kg. Y un pie cubico de capacidad. En aquellos casos en que no se conozca el valor real se considerara para el cemento un peso específico de 3.15.

### Tipos de cemento Portland y sus aplicaciones:

Se pueden establecer dos tipos básicos de cemento:

**De origen arcilloso:** obtenidos a partir de arcilla y piedra caliza en proporción 1 a 4 aproximadamente;

**De origen puzolánico:** la puzolana del cemento puede ser de origen orgánico o volcánico elemento, diferentes por su composición, por sus propiedades de resistencia y durabilidad, y por lo tanto por sus destinos y usos.

### Cemento Portland Tipo I:

Es el cemento destinado a Obras de concreto de uso general, donde no se requiere de propiedades especiales. Es el cemento que se utilizó para el desarrollo de la tesis de investigación.

**TABLA II** – Composición química del cemento Pacasmayo Tipo I.

COMPONENTES	CEMENTO PACASMAYO TIPO I
Óxido de Sílice: <b>SiO<sub>2</sub></b>	20.5%
Óxido de Hierro: <b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	5.14%
Óxido de Aluminio: <b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	4.07%
Óxido de Calcio: <b>CaO</b>	62.92%
Óxido de Magnesio: <b>MgO</b>	2.10%
Óxido de Azufre: <b>SO<sub>3</sub></b>	1.83%
Pérdida por Calcinación: <b>P.C</b>	1.93%
Residuo Insoluble: <b>R.I</b>	0.68%
Cal Libre: <b>CaO</b>	1.10%
Álcalis: <b>Na<sub>2</sub>O</b>	0.22%
Silicato Tricálcico: <b>C<sub>3</sub>S</b>	44.70%

Fuente: Componentes y propiedades del cemento, IECA.

## **AGREGADOS:**

Se define como agregados al conjunto de partículas inorgánicas obtenidos o producidos a partir de rocas ígneas, sedimentarias o metamórficas, cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011.

Llamados también áridos, son materiales inertes que se combinan con los aglomerantes (cemento, cal, etc.) y el agua formando los concretos y morteros.

### **El Agregado en el Concreto:**

El concreto es una masa endurecida de materiales heterogéneas como son el cemento, el agua y los agregados y a veces algunos aditivos; de estos materiales el que en mayor proporción interviene en la formación del concreto so los agregados, material que no se puede considerar como un simple relleno sino que su selección y empleo debe de estar de acuerdo con las normas establecidas, ya que las proporciones del concreto dependen de las propiedades de los agregados también. Los agregados ocupan comúnmente de 60% a 75% del volumen del concreto (70% a 85% en peso), e influyen notablemente en las propiedades del concreto cuando este es recién mezclado y endurecido, en las proporciones de la mezcla, y en la economía.

### **Función del agregado en el concreto:**

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

### **AGREGADO FINO:**

El agregado fino es un material que se obtiene de la desintegración natural o artificial de otros agregados de mayor tamaño. Está comprendido por todos los tamaños que pasan por la malla 3/8" y quedan retenidas en la malla N° 200. Para ser utilizado en la proporción de concreto deberá cumplir con ciertas propiedades físicas controladas por normas de calidad.

### **Propiedades Físicas del Agregado Fino:**

El agregado fino a utilizarse en el concreto debe cumplir los requisitos mínimos de calidad según las especificaciones de las Normas Técnicas Peruanas NTP.

La determinación de estos requisitos denominados propiedades físicas nos permitirán obtener valores que serán utilizados para los diseños de mezclas de concretos a estudiar. Las propiedades físicas a determinar son: peso específico, peso unitario, granulometría, módulo de finura, porcentaje de finos que pasa la malla N°200, contenido de humedad y absorción. A continuación presentamos las propiedades físicas estudiadas.

#### ✓ **Peso Específico** (N.T.P 400.022 / A.S.T.M C-128)

Peso específico de masa; es la relación del peso al aire de un volumen unitario de un agregado incluyendo los vacíos al peso en aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada, se puede emplear agua potable libre de gas a la temperatura establecida. Se usa en los diseños de mezclas y en la determinación del peso sólido y volumen absoluto. La norma ASTM C-128 indica el procedimiento para determinar el peso específico del agregado fino.

Teniendo comúnmente el siguiente rango para concretos normales: peso unitario de 2200 kg/m<sup>3</sup> a 2550 Kg/m<sup>3</sup> y un peso específico de los agregados de 2.4 gr/cm<sup>3</sup> a 2.8 gr/cm<sup>3</sup>. Peso específico aparente; es la relación del peso en aire de un volumen unitario de un agregado al peso en aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada o agua potable libre de gas a la temperatura establecida.

Es necesario para la dosificación de la mezcla de la mezcla, para el cálculo de los volúmenes absolutos del material.

✓ **Peso Unitario** (N.T.P 400.0172 / A.S.T.M C-29)

El peso unitario de un agregado es el peso que alcanza un determinado volumen unitario, considerando los vacíos que se encuentran en su interior; se expresa en kilogramos por metro cubico. El peso unitario se expresa en dos formas: el suelto y el compactado.

✓ **Peso Unitario Suelto:**

El agregado se llena continuamente hasta completar un volumen establecido sin ningún tipo de compactación.

✓ **Peso Unitario Compactado:**

El agregado se llena en tres partes iguales, aplicando compactación por validación por varillado a cada capa de acuerdo a la especificación de la norma.

El peso unitario está influenciado por su:

- Gravedad específica.
- Granulometría.
- Perfil y Textura superficial.
- Condición de humedad.
- Grado de compactación de masa.

✓ **Granulometría** (N.T.P 400.012 / A.S.T.M C-33)

Esta propiedad caracteriza al agregado en base a la densidad de tamaños de sus partículas que lo conforman. Para esta caracterización de tamaños debe analizar mediante su separación en 7 fracciones, cribándola a través de las malla normalizadas como “serie estándar” cuyas aberturas se duplican sucesivamente a partir de la más reducida que es igual a 0.150mm (ASTM N° 100) y cuyo procedimiento de ensayo está dado por la norma indicada. La importancia de esta propiedad es que de acuerdo a la forma como están distribuidos sus tamaños tienen influencia directa sobre el comportamiento del cemento fresco y endurecido.

**TABLA III** – Requisitos granulométricos del agregado fino.

<b>MALLA</b>		<b>% QUE PASA</b>
3/8"	9.5 mm	100
N°4	4.75 mm	95 - 100
N°8	2.36 mm	80 - 100
N°16	1.18 mm	50 - 100
N°30	600 um	25 - 60
N°50	300 um	10 - 30
N°100	150 um	0

Fuente: Normas ASTM C-33

✓ **Superficie Específica:**

Se define como la suma total de las áreas superficial por unidad de peso del agregado fino. Se asume generalmente para fines de cálculo y simplificación que todas las partículas son de forma esférica, y además que el diámetro es el promedio entre los 2 tamices: el inferior y el superior inmediato, lo cual introduce error, además que no tiene el sustento experimental del módulo de fineza, por lo que no se usa mucho salvo a nivel de investigación.

✓ **Módulo de Fineza** (N.T.P 400.011 / A.S.T.M C-125)

Siendo igual a la centésima parte de la suma de los porcentajes retenidos acumulados en cada una de las mallas de la serie estándar, el valor del módulo de fineza para la fabricación del concreto debe estar comprendido entre  $2.30 \leq m.f. \leq 3.10$ . Las arenas que presentan un m.f. inferior a 2.30 se consideran demasiadas finas e inconvenientes para el concepto porque suelen requerir mayor consumo de cemento, lo cual repercute en el aspecto económico y en los cambios volumétricos. Si son mayores a 3.10 resultan demasiados gruesos y también se les juzga inadecuada ya que producen mezclas ásperas y segregables. El módulo de finura del agregado fino se calcula mediante la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados de los tamices: N°4, 8, 16, 30, 50 y 100, dividiendo entre 100; del ensayo granulométrico.

De la forma siguiente:

$$M.F = \frac{N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + +N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100}{100}$$

✓ **Material fino que pasa la malla N° 200**

Este ensayo nos permite determinar en porcentaje la cantidad de material de tamaño menor que la malla N° 200, que se encuentra adherido a las paredes del agregado como material suelto mezclado con el agregado fino.

✓ **Contenido de humedad** (N.T.P. 400.011/ A.S.T.M. C-12)

Este valor indica el porcentaje de agua que posee el agregado y se obtiene al determinar el contenido de agua de una muestra húmeda secada al horno a 110°C, entre el peso de la materia; y a este coincide se multiplica por 100. Los agregados usualmente son considerados en un estado saturado y superficialmente seco, es decir con todos sus poros abiertos y llenos de agua y libre de humedad superficial, siendo una condición ideal para fines prácticas de diseño y dosificación ya que se supone que los agregados no añaden ni quitan agua a la mezcla.

✓ **Porcentaje de absorción** (N.T.P. 400.011/ A.S.T.M. C-125)

La absorción de un agregado se indica por el porcentaje total de agua interna que le es necesario tomar a un agregado para llegar a la condición de saturado con superficie seca; condición del equilibrio Es una medida de la porosidad del agregado y su valor máximo permite saber cuánto de agua tomara el agregado en la mezcla del concreto. La absorción en agregado fino no suele exceder del 5%.

**Requisitos de uso:**

- El agregado fino será arena natural. Sus partículas serán limpias, de perfiles preferentemente angulares, duros, compactos y resistentes.
- El agregado fino deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones partículas escamosas o blandas, requisitos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias perjudiciales.
- Debe cumplir las normas sobre su granulometría.

### **AGREGADO GRUESO:**

Son materiales obtenidos por la desintegración natural o mecánicas de rocas de mayor tamaño. Se trata del material que es retenido en la malla N°4, y para que pueda ser utilizado en la proporción de concreto, sus propiedades deben cumplir los controles de calidad que especifica la norma.

### **Propiedades Físicas del Agregado Grueso:**

Los agregados gruesos para que puedan ser utilizados en la preparación de concreto, deben cumplir con los requerimientos mínimos que especifican las normas de control, siendo de vital importancia que sus propiedades físicas mantengan el margen de los límites preestablecidos en dichas normas de calidad. Las propiedades físicas a estudiar: peso específico, peso unitario, granulometría, módulo de finura, contenido de humedad y porcentaje de absorción.

#### ✓ **Peso específico** (N.T.P. 400.021 / A.S.T.M. C-127)

Esta propiedad es un indicador de la calidad del agregado; el peso específico no será menor de 2.6, correspondientes a agregados de buena calidad, mientras que valores que el menor indicado son de mala calidad (porosos, débiles y absolutamente con mayor cantidad de agua, etc). La norma ASTM C-127 indica el procedimiento para determinar el peso específico del agregado grueso.

#### ✓ **Peso unitario** (N.T.P. 400.017 / A.S.T.M. C-29)

El peso unitario de un agregado es el peso de un volumen establecido, considerando los vacíos que se encuentran en su interior; se expresa como el peso de material por cubo. El peso unitario se expresa en dos formas: el suelto y el compactado, generalmente se expresa en kilos por metro cubico. Su cálculo tanto para suelto como para compactado lo determina la norma en mención.

#### ✓ **Peso unitario suelto**

El agregado se llena continuamente hasta completar un volumen establecido sin ningún tipo de compactación. El peso unitario varía con el contenido de humedad. Este incrementa en el agregado grueso cuando incrementa su contenido de humedad.

✓ **Peso unitario compactado.**

El agregado se llena en tres partes iguales, aplicando compactación por varillado a cada capa de acuerdo a la especificación de la norma.

✓ **Granulometría** (N.T.P. 400.012 / A.S.T.M. C-33)

El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites establecidos en la Norma, la granulometría seleccionada deberá ser perfectamente continua y deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de colocación de la mezcla.

✓ **Superficie específica.**

Se define como la suma total de las áreas superficiales por unidad de peso del agregado grueso. Se asume generalmente para fines de cálculo y simplificación que todas las partículas son de forma esférica, y además que el diámetro es el promedio entre los 2 tamices: el inferior y el superior inmediato, lo cual ya introduce error.

✓ **Módulo de fineza** (N.T.P. 400.012 / A.S.T.M. C-136)

Es un Índice Aproximado el tamaño medio de los agregados. Cuando este índice es bajo quiere decir que el agregado es fino, cuando es alto es señal de lo contrario. El módulo de fineza, no distingue las granulometrías, pero en caso de agregados que estén dentro de los porcentajes especificados en las normas granulométricas, sirve para controlar la uniformidad de los sismos. El módulo de Fineza de un agregado se calcula sumando los porcentajes acumulativos retenidos en la serie de mallas Standard: 3'', 1 ½'', ¾'', 3/8'', N<sup>a</sup>4, N<sup>a</sup>8, N<sup>a</sup>16, N<sup>a</sup>30, N<sup>a</sup>50 y N<sup>a</sup>100 y dividiendo entre 100, de la siguiente manera:

$$M. F = \frac{N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + +N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100}{100}$$

✓ **Contenido de humedad** (N.T.P. 400.012 / A.S.T.M. C-136)

Este valor indica el porcentaje de agua que posee el agregado y se obtiene al determinar el contenido de agua de una muestra húmeda secada al horno en 110°C, entre el peso de la materia; y a este cociente se multiplica por 100.

✓ **Porcentaje de absorción** (N.T.P. 400.021 / A.S.T.M. C-127)

Es la cantidad de agua absorbida por el agregado grueso después de ser secado a peso constante y luego sumergido 24 horas en agua. La absorción de un agregado se indica por el porcentaje total de agua interna que le es necesario tomar a un agregado para llegar a la condición de saturado con superficie seca; condición de equilibrio. Es una medida de la porosidad del agregado y su valor máximo permite saber cuánto de agua tomara el agregado en la mezcla del concreto. La absorción no suele exceder de 3% para el agregado grueso.

**Requisitos de uso:**

- ✓ El agregado grueso deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferente angular o semi-angular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa.

## SELECCIÓN DE CANTERA A UTILIZAR:

La selección de la cantera para agregado fino y grueso debe cumplir con las normas ASTM, además de las propiedades de las rocas como agregado de construcción, ya descrita en Ítems anteriores para el diseño de mezcla del concreto, por lo que se consideró la identificación para el proyecto de investigación las canteras que cumplen mejor estas exigencias, perteneciente al Distrito de Chimbote para el agregado grueso y el agregado fino.

**TABLA IV** - Identificación de cantera de Chimbote (agregado grueso y fino)

<b>CANTERA</b>	<b>VESIQUE</b>	<b>LA SORPRESA</b>
Propietario	Sr. Pedro Vásquez	Sr. Manuel Alva Portilla
Ubicación	A la izquierda de la P.N Km 403	A la izquierda de la P.N Km 437, antes del Túnel de Coishco.
Accesibilidad	Km 403 P.N con desvío izquierda 150 mts.	Km 437 P.N con desvío izquierda 200 mts.
Método de Explotación	Cielo abierto	Cielo abierto, uso de Explosivos
Calculo Reserv.	2'815.000 m <sup>3</sup>	3'240.000 m <sup>3</sup>
Tipo de Agregado	Arena Gruesa.	Piedra Chancada de ½" a ¾" y de 1" confitillo, agregado integral, Arena Gruesa.
Tipo de Roca		Microdiorita, Diabasa y/o Microgabro, Andesita.

Fuente: Elaboración propia

## **AGUA:**

Para cada cuantía de cemento existe una cantidad de agua del total de la agregada que se requiere para la hidratación del cemento; el resto del agua solo sirve para aumentar la fluidez de la pasta para que cumpla la función de lubricante de los agregados y se pueda obtener la manejabilidad adecuada de las mezclas frescas. El agua adicional es una masa que queda dentro de la mezcla y cuando se fragua el concreto va a crear porosidad, lo que reduce la resistencia, razón por la que cuando se requiera una mezcla bastante fluida no debe lograrse su fluidez con agua, sino agregando aditivos plastificantes.

El agua utilizada en la elaboración del concreto debe ser apta para el consumo humano, libre de sustancias como aceites, ácidos, sustancias alcalinas y materias orgánicas.

En caso de tener que usar en la dosificación del concreto, agua no potable o de calidad no comprobada, debe hacerse con ella cubos de mortero, que deben tener a los 7 y 28 días un 90% de la resistencia de los morteros que se preparen con agua potable.

- Algunas de las sustancias que con mayor frecuencia se encuentran en las aguas y que inciden en la calidad del concreto se presentan a continuación:
  - Las aguas que contengan menos de 2000 p.p.m. de sólidos disueltos generalmente son aptas para hacer concretos; si tienen más de esta cantidad deben ser ensayados para determinar sus efectos sobre la resistencia del concreto (Bernal, J. 2009).
  - Si se registra presencia de carbonatos y bicarbonatos de sodio o de potasio en el agua de la mezcla, estos pueden reaccionar con el cemento produciendo rápido fraguado; en altas concentraciones también disminuyen la resistencia del concreto.
  - El alto contenido de cloruros en el agua de mezclado puede producir corrosión en el acero de refuerzo o en los cables de tensionamiento de un concreto pre esforzado.

- El agua que contenga hasta 10000 p.p.m. de sulfato de sodio, puede ser usada sin problemas para el concreto.
- Las aguas acidas con pH por debajo de 3 pueden crear problemas en el manejo u deben ser evitadas en lo posible.
- Cuando el agua contiene aceite mineral (petróleo) en concentraciones superiores a 2%, pueden reducir la resistencia del concreto en un 20%.
- Cuando la salinidad del agua del mar es menor del 3.5%, se puede utilizar en concretos no reforzados y la resistencias del mismo disminuye en un 12%, pero si la salinidad aumenta al 5% la reducción dela resistencia es del 30%.

El agua del curado tiene por objeto mantener el concreto saturado para que se logre la casi total hidratación del cemento, permitiendo el incremento de la resistencia.

Las sustancias presentes en el agua para el curado pueden producir manchas en el concreto y atacarlo causando su deterioro, dependiendo del tipo de sustancias presentes. Las causas más frecuentes de manchas son: El hierro o la materia orgánica disuelta en el agua.

**TABLA V - Requisitos para agua de mezcla-N.T.P 339.088**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>LÍMITE PERMISIBLE</b>
Cloruros	300ppm.
Sulfatos	300ppm.
Sales de magnesio	150ppm.
Sales solubles totales	1500ppm.
pH	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm.
Materia Orgánica	10ppm.

Fuente: N.T.P. 339.088

## ARCILLA

Las arcillas son aquellas sustancias terrosas formadas principalmente por aluminosilicatos con materia coloidal y fragmentos de rocas, que generalmente se hacen plásticas cuando están húmedas y pétreas por la acción del calor.

La arcilla no es un mineral sino un agregado de minerales y de sustancias coloidales que se han formado mediante la desintegración química de las rocas alumínicas. Está compuesta principalmente por sílice, alúmina y agua; conteniendo también otras sustancias como fragmentos de rocas, de óxidos hidratados de hierro, álcalis y materiales coloidales. En esencia los minerales de la arcilla son silicatos de aluminio. En algunas arcillas los elementos alcalinos se presentan como constituyentes; en otras el magnesio, el hierro o ambos elementos sustituyen total o parcialmente al aluminio. La mayoría de las arcillas se han formado por la desintegración de rocas con un alto contenido de alúmina, a pesar de que algunas son producto del metamorfismo. Estas últimas aparecen sólo en pequeñas cantidades (García, R. y Suarez, B. 2006)



**Figura 01** – Diferentes tipos y colores de arcillas.

Los constituyentes químicos esenciales de los minerales de la arcilla varían no sólo en cantidad sino también en el modo en que se combina o se presentan en los diferentes minerales. Los minerales arcillosos más importantes se encuentran en el grupo de las caolinitas y de las montmorillonitas. Las arcillas esenciales de los sedimentos arcillosos son el resultado de la meteorización de rocas ígneas y metamórficas. En condiciones de escasa precipitación, el magnesio de las rocas ígneas máficas (ricas en magnesio y hierro) permanece en la zona de meteorización y la arcilla producida es montmorillonita. Si la precipitación es considerable, se efectúa una lixiviación completa de la roca, el magnesio es separado y el producto de la meteorización es caolinita. A partir de una roca ígnea ácida se origina illita y montmorillonita en condición de meteorización, con tal que ocurra retención de potasio y magnesio, pero se formaría caolinita de prevalecer una lixiviación excesiva.

Según el origen se pueden distinguir dos categorías de arcillas:

- ✓ Residuales
- ✓ Transportadas

La composición y su naturaleza determinan el uso y el valor de la arcilla. El cuarzo disminuye la plasticidad y la retracción, y contribuye a hacerla refractaria. La sílice en forma coloidal aumenta la plasticidad. La alúmina la hace refractaria. El óxido de hierro, al igual que el feldespato, disminuye la temperatura de fusión, actúa como fundente y también es un poderoso agente colorante.

En resumen, las arcillas son productos de meteorización de silicatos de los metales alcalinos y alcalinotérreos, en particular de los feldespatos y micas. Para la industria cementera la arcilla o materia arcillosa es solo una fuente de  $\text{SiO}_2$  finamente dividido, por vía química o mecánica con cantidades de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  deseadas para la sinterización. Es decir, importa más su composición química, particularmente el módulo de silicatos, el contenido de álcalis, cuyo contenido debe ser mantenido dentro de límites adecuados.

## Estructura de las Arcillas

Los filosilicatos como todos los demás grupos de silicatos, están constituidos por una unidad estructural Si-O que es un tetraedro de coordinación con el Si en el centro y cuatro oxígenos en cada uno de los vértices del tetraedro. Los tetraedros son pirámides de base triangular, con todas sus caras iguales, (cuatro triángulos equiláteros).

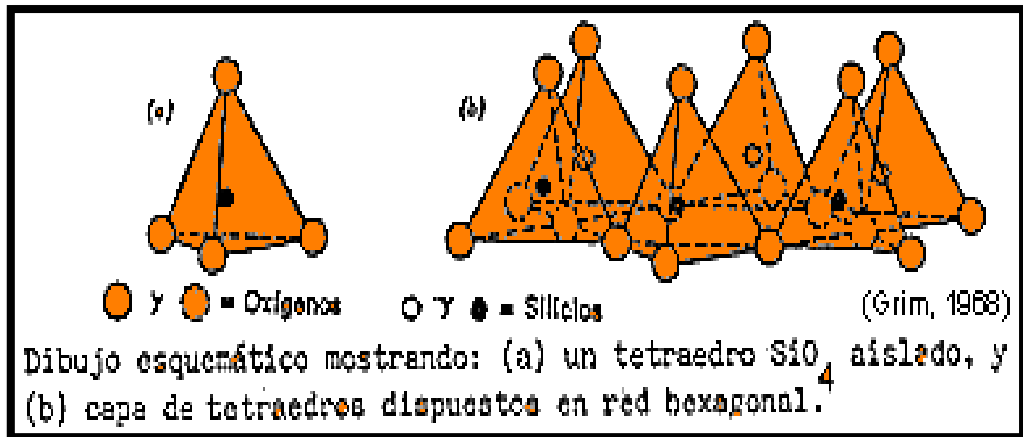


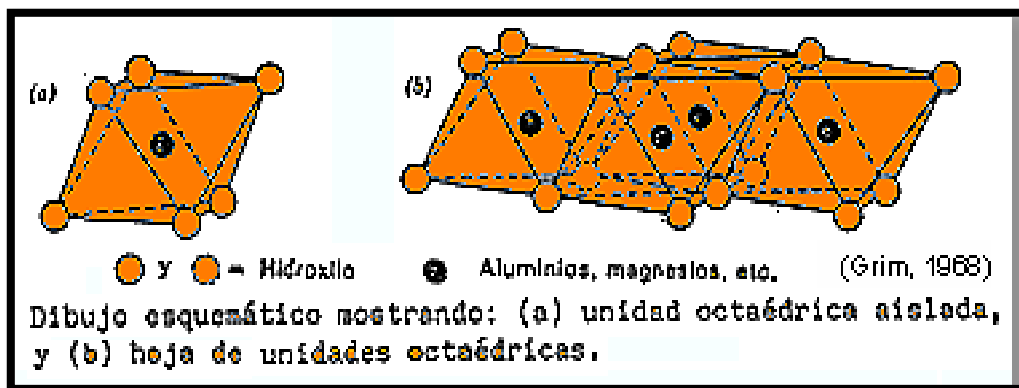
Figura N° 02 – Estructuración de las arcillas (tetraedros).

Fuente: Arcillas, propiedades y usos. García, R y Suárez, B.

El tetraedro Si-O se encuentra eléctricamente descompensado (el Si aporta cuatro cargas positivas frente a las ocho cargas negativas de los cuatro oxígenos de los vértices), por lo que ha de unirse a otros cationes para neutralizar las cargas. En estas estructuras cada vértice de la cara basal pertenece a dos tetraedros vecinos (cada oxígeno se coordina a dos silicios), dando una capa de tetraedros.

Los tetraedros, en el caso de los filosilicatos, comparten su vértice superior con un octaedro de coordinación, con Al y/o Mg en el centro y un O y/u OH en los seis vértices. Los octaedros son bipirámides con su plano ecuatorial cuadrado y todas sus caras triángulos equiláteros iguales.

Los octaedros en estas estructuras se disponen apoyados en una de sus caras.



**Figura 03** – Estructuración de las arcillas (octaedros).

Fuente: Arcillas, propiedades y usos. García, R y Suárez, B.

### Tipos de Arcillas

A las arcillas se las puede clasificar en los siguientes grupos de minerales:

#### Grupo del Caolín:

- ✓ Caolinita  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$
- ✓ Dickita  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$
- ✓ Nacrita  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$
- ✓ Halloysita  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$

#### Grupo de la Montmorillonita:

- ✓ Montmorillonita  $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O + nH_2O$
- ✓ Beidellita  $Al_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot nH_2O$
- ✓ Nontronita  $(Al,Fe)_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot nH_2O$
- ✓ Saponita  $2MgO \cdot 3SiO_2 \cdot nH_2O$

#### Grupo de las arcillas que contienen metales alcalinos o alcalinotérreos:

- ✓ Micas arcillosas, incluida la illita  $K_2O \cdot MgO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2 \cdot H_2O$ , en cantidades variables.

Los minerales del grupo del caolín se distinguen por su diferente riqueza en  $SiO_2$ , así como por su estructura cristalográfica y sus propiedades ópticas. La denominación de caolinita se aplica al mineral caolín puro.

### Aplicación en la Fabricación de Cemento

Para la fabricación de cemento las arcillas se mezclan en un porcentaje de hasta el 10% de la mezcla total, junto con puzolanas hasta un 15%, sulfato de calcio hidratado hasta un 5% y el 70% restante es el clinker procedente de la calcinación de carbonatos de calcio.

La principal característica de las arcillas junto con las puzolanas es la capacidad que poseen de endurecer al contacto con el agua; con agregados pétreos y agua crean una mezcla uniforme, maleable, plástica, que fragua y se endurece tomando una consistencia pétreo.

La arcilla se introduce a la mezcla del clinker, yeso y puzolanas en la etapa de Molienda de Acabado o Molienda de Cemento, previamente secada, activada y molida a una finura adecuada.

Comúnmente las arcillas usadas en la fabricación de cemento poseen las siguientes características físico-químicas que pueden variar según su procedencia:

- **Superficie Específica.**- Las superficies específicas de los minerales de la arcilla son:

**TABLA VI** – Superficie específica de la arcilla.

Mineral	Superficie Específica (m <sup>2</sup> /g)
<b>Caolín</b>	Aproximadamente 15
<b>Halloysita</b>	Aproximadamente 43
<b>Illita</b>	Aproximadamente 100
<b>Montmorillonita</b>	Aproximadamente 800

Fuente: Arcillas, propiedades y usos. García, R y Suárez, B.

- **Peso Específico.**- Respectivamente los pesos específicos son:

**TABLA VII** – Peso específico de la arcilla

Mineral	Peso Específico
<b>Caolín</b>	2.60 – 2.68
<b>Halloysita</b>	2.00 – 2.20
<b>Illita</b>	2.76 – 3.00

Fuente: Arcillas, propiedades y usos. García, R y Suárez, B.

- **Punto de Fusión.**- El punto de fusión de los minerales de arcilla se hallan entre los límites de 1150°C hasta 1785°C.
- **Composición Química.**- La composición química de las arcillas varía desde aquellas que se aproximan a los minerales puros de la arcilla hasta las que contienen agregados de hidróxido de hierro, sulfuro de hierro, arena, carbonato de calcio, etc. El hidróxido de hierro es el componente colorante más frecuente de las arcillas. También pueden prestarle distintas coloraciones las sustancias orgánicas. La arcilla sin impurezas es blanca. La principal fuente de álcalis en los cementos es el componente arcilloso del crudo. A continuación se indica la composición química de la arcilla de Yacya – Huari.

**TABLA VIII** – Composición química de la arcilla de Yacya – Huari Expresada como Elementos.

<b>COMPOSICIÓN QUÍMICA</b>	<b>RESULTADO (%)</b>	<b>MÉTODO UTILIZADO</b>
Silicio (Si)	46,828	ESPECTROMETRÍA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X
Aluminio (Al)	24,152	
Calcio (Ca)	12,198	
Hierro (Fe)	7,531	
Potasio (K)	6,428	
Titanio (Ti)	1,568	
Fosforo (P)	0,711	
Manganeso (Mn)	0,361	
Azufre (S)	0,171	
Zinc (Zn)	0,052	

Fuente: Laboratorio Labicer - UNI

## **ZONAS DE ACCESO: CIUDAD DE HUARI - YACYA**

### **Datos Generales**

- **Ubicación:** se ubica en la parte sur-este de la zona de Conchucos. La provincia tiene una superficie de 2,771.90 Km<sup>2</sup>. Su territorio es muy accidentado y tiene una longitud importante. Se extiende desde las cumbres nevadas de la Cordillera Blanca en su límite Oeste hasta el cauce del río Marañón en el límite Nor-Este.
- Nombre del destino, distrito, región: Provincia de Huari
- Distancia y tiempo de viaje en transporte público y privado desde diferentes ciudades circundantes.
- Desde la ciudad de Huaraz son 152km. 4 horas aprox. en transporte público.

### **Acceso**

- **Vías de ingreso:** Desde Huaraz, por una carretera asfaltada hasta el Distrito de Chavín de Huantar y el resto del tramo es afirmado.
- **Estado de las vías:** Hay tramos asfaltados desde Huaraz a Chavín de Huantar más o menos 109 km. y afirmado el resto del tramo hasta llegar a Huari.
- **Medios de transporte:** Hay transporte público desde Lima y Huaraz.

### **Clima**

Su clima es templado – frío y semi lluvioso, teniendo una temperatura media anual de 16°C, y variaciones desde los 10°C hasta 18°C.

### **Gastronomía**

Entre los platos tradicionales del distrito destacan el Picante de Cuy (plato tradicional de la culinaria serrana del Perú) y el Llajhuari que es un plato genuino de Huari, se diría que es precursor de los buffets; es un mini-buffet personal consistente en varios "picantes" servidos en un mismo plato (en el campo son generalmente de platos de madera, llamados "pucu"), acompañado, claro está, de un "poto" (vasija de calabaza o zapallo) de chicha de jora.

**VARIABLE INDEPENDIENTE: Sustituyendo al cemento en 4%, 6% y 8% por arcilla.**

El diseño de mezcla de concreto se puede definir como el proceso de selección más adecuado, conveniente y económico de sus componentes como son: agua, cemento, agregados (fino y grueso), con la finalidad de obtener un producto que en el estado fresco tenga trabajabilidad y consistencia adecuada, además en estado endurecido cumpla con los requisitos establecidos del proyecto y especificaciones técnicas (Navarro, R. 2011).

**DIMENSIONES:**

- **Granulometría** de los agregados, favorece la gradación o acomodamiento de los agregados particulados en la masa de concreto, y se relaciona con la cantidad de superficie en la interfase con la pasta de cemento en la mezcla en estado fresco.
- **Módulo de finura** de los agregados, es la proporción de los valores de retenidos acumulados en el tamizaje hasta e incluido el tamiz 100, dividido por 100, condiciona el tipo de concreto como concreto de agregados gruesos (ciclópeo), agregados medios (normal), agregados finos (liviano), además de las condiciones superficiales y efecto terminal como concreto arquitectónico.
- **Densidades** aparentes de los agregados, las densidades aparentes incluyen la humedad normal de los agregados con porcentajes de humedades en los poros de las partículas de los agregados sobre el volumen total del agregado. Es la característica principal para optimizar tiempos de mezcla, tiempos de fraguado y curado de las mezclas, como también en el proceso constructivo los empujes a tener sobre las superficies de contacto en la obra falsa de los encofrados.
- **Absorciones de los agregados**, determinante de la capacidad de adhesión mecánica entre la superficie de los agregados y la pasta de cemento, y como

consecuencia propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión, a la tensión y dureza del concreto terminado.

➤ **Masas unitarias de los agregados**, las masas de los agregados en volumen, relaciona la capacidad de acomodamiento de los agregados en las densidades compactadas, y las densidades en estado aparentemente seco las condiciones de manejabilidad y consistencia de la mezcla de concreto en estado fresco.

➤ **Humedades de los agregados**, las humedades se convierten en el factor modificador de la relación agua cemento de las mezclas para evitar excesos de fluidez y consistencias inmanejables en las mezclas frescas.

➤ **Tipo de cemento**

Es lógico pensar que las características del cemento empleado tienen una gran influencia en la resistencia final alcanzada por el concreto, ya que el cemento es un material "activo" en las mezclas.

La resistencia que puede producir un determinado cemento depende fundamentalmente de su composición química; por ejemplo, con un cemento con alto contenido de C3S se obtendrán buenas resistencias y en un tiempo relativamente corto, acompañadas por un desprendimiento de calor relativamente alto durante el endurecimiento, en tanto que un cemento rico en C2S producirá altas resistencias pero en un tiempo relativamente largo, con un moderado calor de hidratación, lo cual conlleva a una mejor resistencia a los ataques químicos.

La finura a la cual se haya molido el cemento también influye en las características del concreto, ya que los cementos más finos ganan resistencia más rápidamente que los gruesos, pero en cambio producen mayor retracción al endurecer y liberan más calor y más rápidamente, durante la hidratación. Los cementos finamente molidos resultan convenientes en cuanto a que aumentan la resistencia, en especial en los primeros días de envejecimiento, y también aumentan la trabajabilidad.

➤ **Agregados**

Las características de los agregados que influyen sobre la resistencia del hormigón son el tipo, la forma, textura, tamaño máximo, solidez, gradación y limpieza de la partícula.

• **Tipo de agregado**

Por lo general, el efecto sobre la resistencia del hormigón del tipo de agregado con peso normal, propiedades y gradación satisfactorias, es pequeño, debido a que los agregados son más fuertes que la pasta de cemento.

• **Tamaño máximo**

Conforme se aumenta el tamaño máximo del agregado en una mezcla de hormigón de un revenimiento dado, se disminuyen los contenidos de agua y de cemento, en kg/m<sup>3</sup> de hormigón.

➤ **Tipo de agua de mezcla:**

Se ha dicho usualmente que el agua que se puede beber y que no tenga color, olor y sabor apreciable puede usarse en mezclas de concreto. El agua utilizada en una mezcla de concreto debe estar limpia y libre de cantidades perjudiciales de: aceite, ácidos, álcalis, sales, materiales orgánicos u otras sustancias que puedan ser dañinas para el concreto o el refuerzo. El agua de mezcla para el concreto pre esforzado o para el concreto que vaya a contener elementos de aluminio embebido, o el agua debida a la humedad libre de los agregados, no debe contener cantidades perjudiciales de ion cloro.

➤ **Relación agua/cemento (A/C)**

La relación A/C de la mezcla influirá mucho sobre la resistencia del hormigón endurecido con un envejecimiento dado. Una mezcla dada puede tener una resistencia relativamente buena o mala, dependiendo de la cantidad de agua que se agregue. Una mayor relación A/C dará una menor resistencia, esto quiere decir que a mayor cantidad de agua, menos resistencia.

## **VARIABLE DEPENDIENTE: Resistencia del concreto**

La resistencia a compresión se puede definir como la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto. Normalmente, se expresa en kilogramos por centímetros cuadrados (kg/cm<sup>2</sup>), megapascuales (MPa) o en libras por pulgadas cuadradas (lb/pulg<sup>2</sup> o psi) a una edad de 28 días (Hernandez, E. 2009).

## **DIMENSIONES:**

### ➤ **Curado**

El curado es el mantenimiento de un adecuado contenido de humedad y temperatura en el concreto a edades tempranas, de manera que éste pueda desarrollar las propiedades para las cuales fue diseñada la mezcla.

El curado comienza inmediatamente después del vaciado y el acabado, de manera que el concreto pueda desarrollar la resistencia y la durabilidad deseada.

Sin un adecuado suministro de humedad, los materiales cementantes en el concreto, no pueden reaccionar para formar un producto de calidad.

El secado puede eliminar el agua necesaria para esta reacción química denominada hidratación y por lo cual el concreto no alcanzará sus propiedades potenciales.

La temperatura es un factor importante en un curado apropiado, basándose en la velocidad de hidratación y por lo tanto, el desarrollo de resistencias es mayor a más altas temperaturas.

### ➤ **Edad del concreto**

Se ha demostrado que la resistencia a la compresión aumenta con el envejecimiento, hasta por 50 años, si existe humedad.

Los valores a los 28 días se toman como el 100% y los valores de todos los demás envejecimientos se basan en los de 28 días.

### ➤ **Temperatura**

La temperatura es otro de los factores externos que afecta la resistencia del

concreto, y su incidencia es la siguiente:

- ✓ Durante el proceso de curado, temperaturas más altas aceleran las reacciones químicas de la hidratación aumentando la resistencia del concreto a edades tempranas, sin producir efectos negativos en la resistencia posterior.
- ✓ Temperaturas muy altas durante los procesos de colocación y fraguado del concreto incrementan la resistencia a muy temprana edad pero afectan negativamente la resistencia a edades posteriores, especialmente después de los 7 días, debido a que se da una hidratación superficial de los granos de cemento que producen una estructura físicamente más pobre y porosa (Vivian, M. y Esteban, L. 2006).

#### **OPERACIONALIZACION DE VARIABLE:**

- **Variable Dependiente:**

**TABLA IX** – Operacionalización de la variable dependiente.

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Resistencia del concreto	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. (Juárez E. 2005).	Es el esfuerzo máximo que puede soportar una probeta de concreto bajo una carga 210 kg/cm <sup>2</sup> ; y que considera los siguientes aspectos	Kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia.

- **Variable Independiente:**

**TABLA X** – Operacionalización de la variable independiente.

VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Aplicación de Arcilla natural	Sustitución de un porcentaje de cemento por arcilla natural activada en el diseño de concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	Porcentaje 0%, 4%, 6% y 8%

Fuente: Elaboración propia.

La hipótesis planteada en la tesis es:

La calcinación de la arcilla de Yacya – Huari a temperaturas de 550°C por 1 hora y media, permitiría la activación térmica de los precursores puzolánicos de silicio y aluminio, que permitirían sustituir al cemento en 4 %, 6 % y 8 % y alcanzar resistencias del orden de un patrón de diseño  $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

Se plantea como objetivo general: Determinar la Resistencia a la compresión en un diseño de concreto sustituyendo el cemento por cenizas de arcilla de Yacya – Huari en bajos porcentajes de 4 %, 6 % y 8% en comparación a un diseño convencional, elaborados con cemento portland tipo I, y como objetivos específicos:

- Determinar el Análisis Térmico Diferencial (ATD) de la arcilla.
- Activar la arcilla de Yacya – Huari térmicamente a temperaturas de 550 °C para sustituir en bajos porcentajes al cemento en el diseño de un concreto.
- Evaluar la composición química mediante fluorescencia de rayos x de la arcilla de Yacya – Huari.
- Determinar la alcalinidad (PH) del cemento y la arcilla activada.
- Encontrar la relación agua/cemento del concreto patrón y del experimental con sustitución del 4 %, 6 % y 8% por arcilla de Yacya – Huari.
- Determinar la resistencia promedio a la compresión del concreto sustituyendo el cemento por la arcilla de Yacya – Huari en 4 %, 6 % y 8% y compararlo con un patrón sin sustitución.

*Capítulo II*

**METODOLOGÍA DE TRABAJO**

## **II: METODOLOGÍA DE TRABAJO**

### **MATERIA PRIMA:**

Recogimos el material desde el mismo lugar de Huari - Yacya, para así poder trabajarlo en el laboratorio de física, pero como lo trajimos un poco húmeda tuvimos que secarlo en un lugar donde le caiga la luz solar y para esto le hicimos cada porción de arcilla en picadillos con la ayuda de un formol para que pueda secar más rápido y poder trabajarlo.

Una vez ya secado la arcilla (picadillos), pasamos a moler con la ayuda de un mortero hasta que quede polvo. Luego cogemos un balde pequeño para echar la arcilla con un poco de agua y procedemos a disolver hasta que toda la arcilla quede derretida y poder echarlo a un balde más grande con una maya encima como tapando todo el orificio y que sirva a la vez como para separar el cuarzo de la arcilla y limo.

Luego de haber separado el cuarzo de la arcilla y limo, dejamos que asiente hasta el día siguiente, para poder quitar el agua con mucho cuidado con la ayuda de un recipiente y cuando está más descendida el agua cogemos una jeringa para poder sacar el agua con más cuidado y no desprender el limo que está asentado junto con la arcilla.

Ahora que ya sacamos todo el agua tomamos una cuchara grande y con mucho cuidado cogemos el limo y lo ponemos en una fuente como muestra, y así hasta que logremos ver la arcilla que está debajo para también hacer lo mismo y ponerlo en otra fuente.

Entonces ya tenemos el cuarzo que hemos sacado al principio, el limo y la arcilla en distintas fuentes para que sequen al sol. Una vez secado podemos ver las distintas grietas que toman cada uno.

Luego para sacar su índice de plasticidad y líquido procedemos a tomar la arcilla ya seca para molerlo y hacerle su ensayo correspondiente y finalmente ponerlo en el horno a temperatura de 550°C.

## TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

### Tipo de investigación:













Es una investigación explicativa porque se quiere determinar cómo se comporta la resistencia del concreto cuando se reemplaza un porcentaje del cemento por arcilla activada de Yacya - Huari.

El tipo de investigación es Aplicada, porque los resultados obtenidos sirven para la solución de problemas relacionados al diseño de mezcla, mejorando así las propiedades del concreto tales como: Resistencia a la compresión, trabajabilidad.

### Diseño de la Investigación:

El diseño de esta investigación es experimental: Diseño en bloque completo al azar, cuyo esquema es el siguiente:

TABLA N° XI – Operacionalización de la variable independiente.

DÍAS DE CURADO	RESISTENCIA DEL CONCRETO CON PORCENTAJES DE ARCILLA DE YACYA - HUARAZ - ANCASH.			
	0 %	4 %	6 %	8 %
7				
14				
28				

Fuente: Elaboración propia.

## **POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **Población**

Conformada por probetas de concreto,  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , elaboradas en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro, con los siguientes materiales:

- Arcilla del distrito de Yacya, Provincia de Huari, Región Ancash.
- Agregado fino de la cantera La Sorpresa.
- Agregado grueso de la cantera La Sorpresa.
- Cemento Portland Tipo I.

### **Muestra**

La muestra está constituida por 36 probetas de concreto con un diseño de  $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ . 9 probetas para 0% de sustitución, 9 probetas para 4 %, 9 probetas para 6 % y 9 probetas para 8 % de sustitución. (Según Reglamento Nacional de Edificaciones, 2007)

## **TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN**

- Elaboración de cuadros Estadísticos de la hipótesis realizada.
- Elaboración de cuadros Comparativos con la hipótesis y la muestra control.
- La elaboración de las probetas cumplirá con lo establecido en el RNE, pues serán realizadas con lo determinado en el dicho Reglamento.
- A través de los ensayos de laboratorio, en forma experimental, visual y analítica observaremos el comportamiento del fraguado del concreto y las propiedades alcanzadas durante los ensayos.

**Los Instrumentos:** Tomadas con respecto a los siguientes ensayos:

- Límite Líquido
  - Límite Plástico
  - Límite de Atterberg
  - Ensayo Granulométrico
  - Ensayo de Peso Específico de Arena Gruesa
  - Ensayo de Peso Específico de Piedra
  - Ensayo de Peso Unitario de Arena
  - Ensayo de Peso Unitario de Piedra
  - Contenido de Humedad
  - Diseño de Mezcla
  - Cono de Abrams
  - Elaboración de Probetas
  - Ensayo a la Compresión
  - Ruptura de Probetas
- La Guía de Registro realizados por nosotros mismos, para ver el avance de nuestras probetas se toma de acuerdos a los 7, 14 y 28 días.
- Para los cálculos y para el análisis de los resultados arrojados en el laboratorio de mecánica de suelos nos basaremos con la ayuda de los programas.
- Los ensayos se realizaron con expertos en laboratorio de suelos.
- Se utilizó elementos como cámara fotográfica, filmadora y demás instrumentos que permitieron registrar y evidenciar lo planteado en el presente perfil del proyecto.

**TABLA N° XII – Operacionalización de la variable independiente.**

<b>TÉCNICA</b>	<b>INSTRUMENTO</b>
OBSERVACIÓN	-Guía de observación Resumen
CIENTÍFICA	- Fichas Técnicas de Pruebas de Laboratorio (ver anexo)

Fuente: Elaboración propia.

## **PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

Se aplicaron los métodos estadísticos, tanto descriptivos como inferenciales.

### **Métodos Estadísticos Descriptivos**

Para el presente proyecto de investigación el procesamiento de datos fue posterior a los ensayos respectivos apoyados en una hoja la de cálculo Excel.

En dicho procesamiento se realizó:

- Gráficas Estadísticos (Gráfico de barras)
- Medidas Estadísticas (Media aritmética)

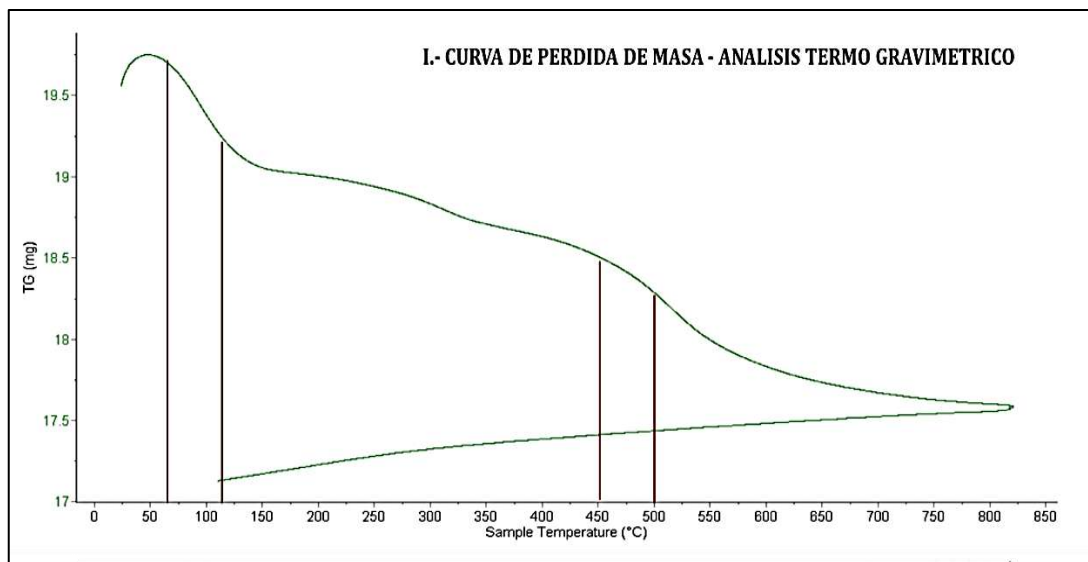
### **Métodos Inferenciales**

Comprobación o verificación de la hipótesis por “Prueba de Hipótesis” (Prueba de ANOVA).

**Capítulo III**

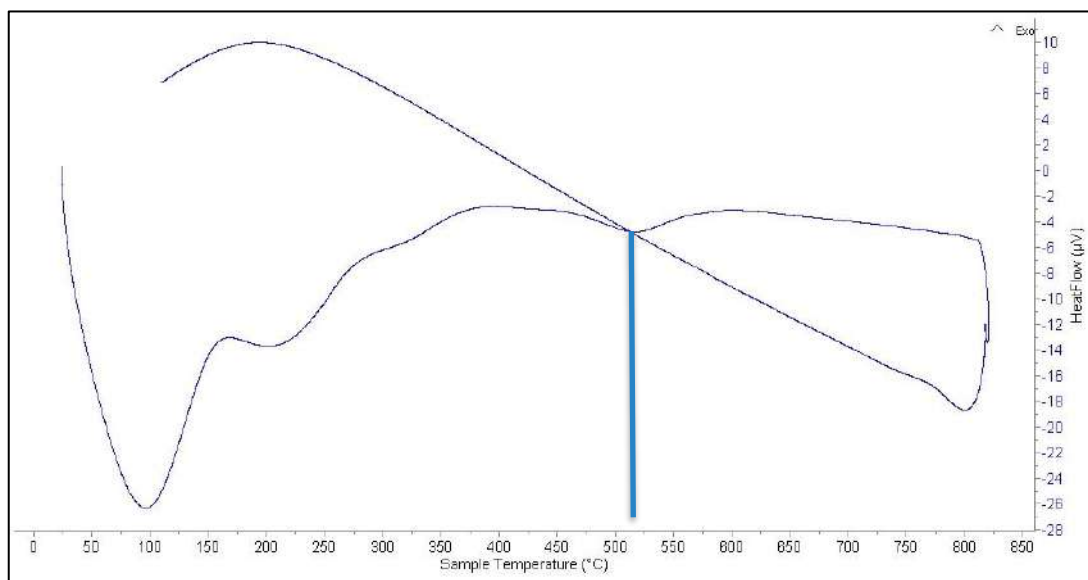
**RESULTADOS**

## ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL DE LA ARCILLA (ATD) EN EL LABORATORIO DE POLÍMEROS (UNT)



**Figura 04** – Curva de pérdida de masa.  
**Fuente:** Laboratorio de polímeros (UNT).

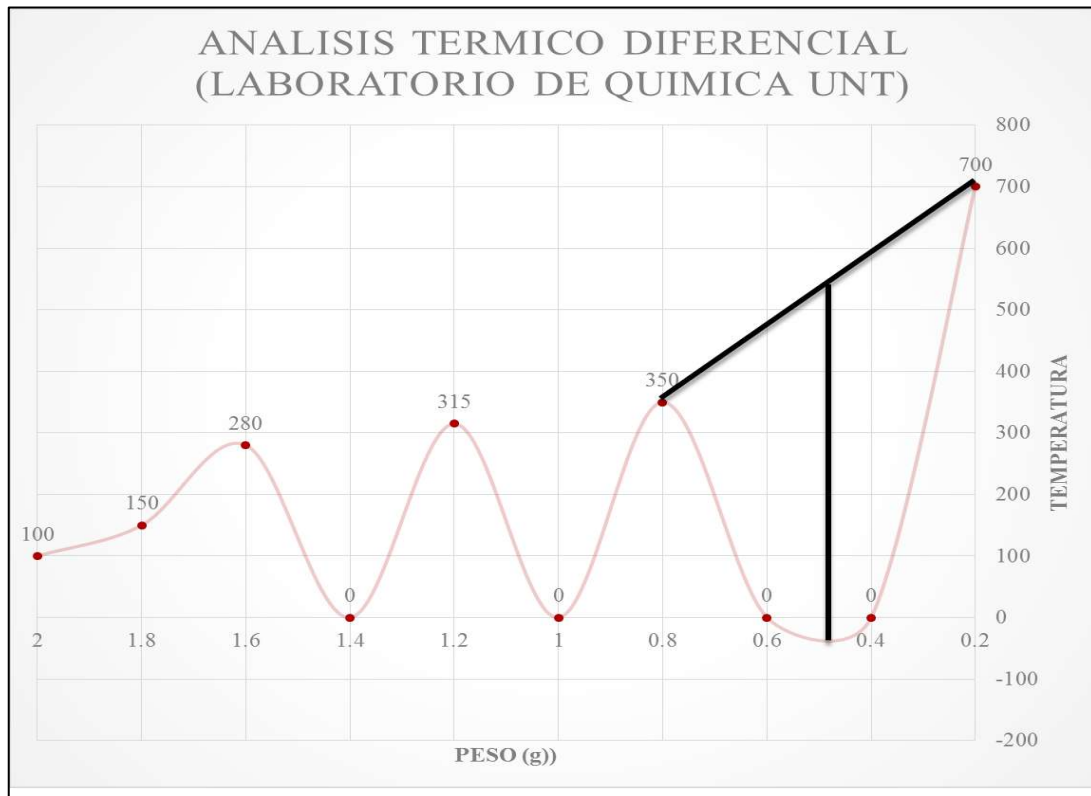
Según el análisis Termo gravimétrico se muestra dos importantes descensos como consecuencia de su pérdida de masa frente a la temperatura, la primera, entre 70° y 120°C, y la segunda entre 450° y 500°C. La muestra llega a perder hasta el 12% de su masa en el rango de temperatura estudiado.



**Figura 05** – Curva calorimétrica DSC.  
**Fuente:** Laboratorio de polímeros (UNT).

Viendo los gráficos de los análisis térmicos y comparando con los antecedentes la temperatura óptima para la calcinación es de 550 °C.

**ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL DE LA ARCILLA (ATD) EN EL  
LABORATORIO DE QUÍMICA (UNT)**



**Figura 06** – Análisis térmico diferencial  
**Fuente:** Laboratorio de química (UNT).

Observamos un cambio de temperatura pico entre 350 y 700 °C, intersectando en el punto medio de dichas temperaturas llega a un promedio de calcinación de 530 °C.

En lo cual conjuntamente con el análisis térmico anterior, de 550°C y este análisis equivalente a 530°C, y los antecedentes de 600°C. Llegué a la conclusión de una temperatura óptima de calcinación de 550°C por tiempo de una hora y media, para lo cual poder activar las características necesarias de un cemento.

## COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA ARCILLA

**TABLA XIII** – Composición química de la arcilla activada de Yacya – Huari  
Expresada como Óxidos.

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Trióxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	38,674	
Dióxido de Silicio (SiO <sub>2</sub> )	37,552	
Oxido de Potasio (K <sub>2</sub> O)	8,626	
Trióxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	7,795	ESPECTROMETRÍA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X
Oxido de Calcio (CaO)	5,753	
Dióxido de Titanio (TiO <sub>2</sub> )	0,812	
Pentóxido de Fosforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0,489	
Oxido de Manganeso (MnO)	0,206	
Trióxido de Azufre (SO <sub>3</sub> )	0,069	
Óxido de Zinc (ZnO)	0,024	

Fuente: Laboratorio Labicer (UNI).

## ANÁLISIS DE PH DE CEMENTO Y LA ARCILLA.

**TABLA XIV** – Análisis de PH de la arcilla activada de Yacya – Huari.

PARÁMETRO	MÉTODO	VALOR OBTENIDO	MUESTRA
pH	Colorímetro	12.0	Cemento tipo 1
pH	Colorímetro	8.5	Arcilla de Huari
pH	Colorímetro	12.0	Mezcla cemento + arcilla (4 %)
pH	Colorímetro	11.5	Mezcla cemento + arcilla (6 %)
pH	Colorímetro	11.5	Mezcla cemento + arcilla (8 %)

Fuente: Laboratorio de electro analítica (Instituto Carlos Salazar Romero).

## RELACIÓN AGUA-CEMENTO PARA EL CONCRETO PATRÓN Y EXPERIMENTAL

### ➤ Diseño de Mezcla Patrón $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{299.71}{299.71} : \frac{766.175}{299.71} : \frac{1024.49}{299.71}$$

$$1 : 2.56 : 3.42 : 30.34 \text{ lts/bolsa}$$

RELACIÓN AGUA-CEMENTO

Se obtiene una relación agua-cemento de 0.714

### ➤ Diseño de Mezcla Experimental 4 %

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{287.72}{287.72} : \frac{11.988}{287.72} : \frac{766.18}{287.72} : \frac{1024.49}{287.72}$$

$$1 : 0.04 : 2.66 : 3.56 : 31.609 \text{ lts/bolsa}$$

RELACIÓN AGUA-CEMENTO

Se obtiene una relación agua-cemento de 0.743

➤ **Diseño de Mezcla Experimental 6 %**

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{281.73}{281.73} : \frac{17.982}{281.73} : \frac{766.18}{281.73} : \frac{1024.49}{281.73}$$

$$1 : 0.06 : 2.72 : 3.64 : 32.281 \text{ lts/bolsa}$$

RELACIÓN AGUA-CEMENTO

Se obtiene una relación agua-cemento de 0.759

➤ **Diseño de Mezcla Experimental 8 %**

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{275.73}{275.73} : \frac{23.376}{275.73} : \frac{766.18}{275.73} : \frac{1024.49}{275.73}$$

$$1 : 0.08 : 2.78 : 3.72 : 32.983 \text{ lts/bolsa}$$

RELACIÓN AGUA-CEMENTO

Se obtiene una relación agua-cemento de 0.776

## PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO

### Resistencia a la Compresión

Se realizó una mezcla para el concreto Patrón y tres mezclas para el concreto con sustitución de arcilla activada (4%, 6% y 8%), y se hizo 09 probetas para cada una, las cuales se ensayaron por compresión a los 7, 14 y 28 días de curado, obteniendo los siguientes resultados:

### ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PATRÓN

**TABLA XV** – Resultados del ensayo de compresión del concreto patrón a los 7 días de curado.

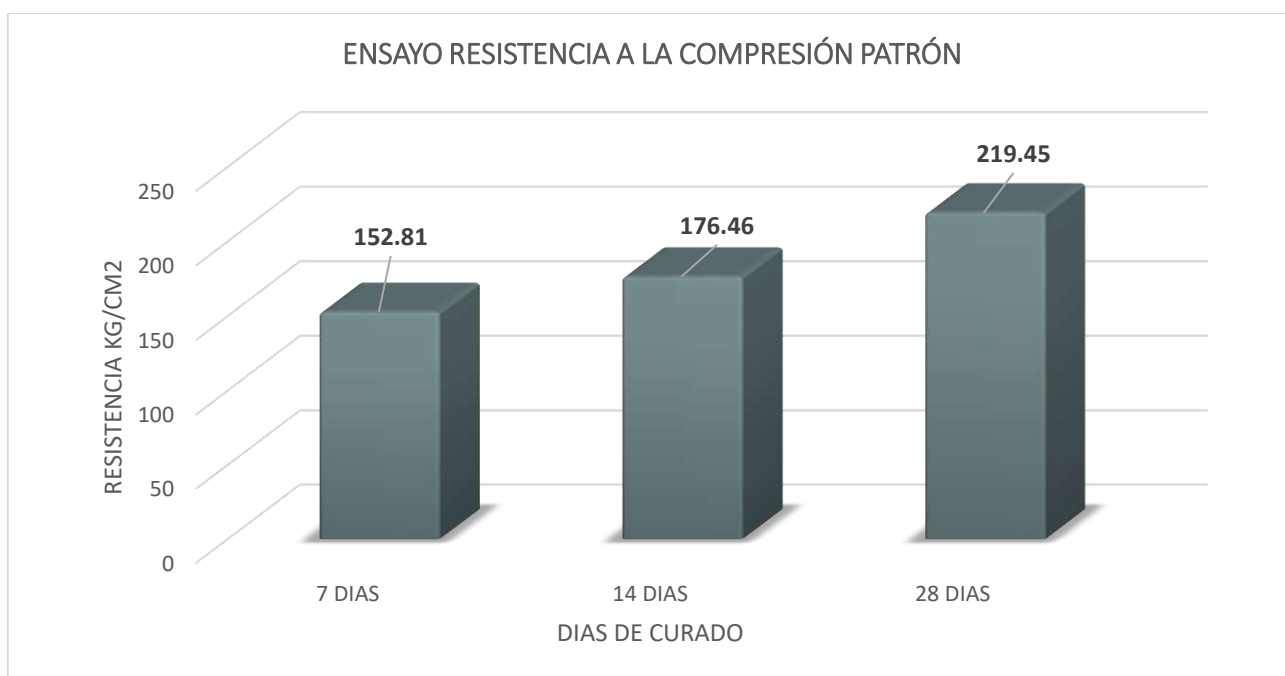
N°	TESTIGO	SLUMP	FECHA		EDAD	F' C	FC/F' C
	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DÍAS	kg/Cm2	(%)
01	PROBETA PATRÓN P – 01	3.2	14/10/2016	21/10/2016	7	257.78	75.13
02	PROBETA PATRÓN P – 02	3.2	14/10/2016	21/10/2016	7	147.70	70.33
03	PROBETA PATRÓN P – 03	3.2	14/10/2016	21/10/2016	7	152.95	72.83

**TABLA XVI** - Resultados del ensayo de compresión del concreto patrón a los 14 días de curado

N°	TESTIGO	SLUMP	FECHA		EDAD	F' C	FC/F' C
	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DÍAS	kg/Cm2	(%)
04	PROBETA PATRÓN P – 04	3.2	14/10/2016	28/10/2016	14	167.64	79.83
05	PROBETA PATRÓN P – 05	3.2	14/10/2016	28/10/2016	14	173.02	82.39
06	PROBETA PATRÓN P – 06	3.2	14/10/2016	28/10/2016	14	188.71	89.86

**TABLA XVII** - Resultados del ensayo de compresión del concreto patrón a los 28 días de curado

TESTIGO		SLUMP	FECHA		EDAD	F´C	FC/F´C
Nº	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DÍAS	kg/Cm2	(%)
07	PROBETA PATRÓN P – 07	3.2	14/11/2016	11/11/2016	28	221.76	105.60
08	PROBETA PATRÓN P – 08	3.2	14/11/2016	11/11/2016	28	225.73	107.49
09	PROBETA PATRÓN P – 09	3.2	14/11/2016	11/11/2016	28	210.85	100.41



**Gráfico 01** - Resistencia a la compresión del concreto patrón 7,14 y 28 días.

Fuente: elaboración propia

*Interpretación: De los resultados obtenidos de la prueba a la Compresión, se registra datos que alcanzaron una resistencia promedio que supera lo establecido según el RNE que es de un 60% en los primeros 7 días. Asimismo podemos apreciar que los resultados registrados a los 14 y 28 días incrementaron y superaron el 80% y 100% de lo establecido respectivamente. Siendo a los 7 días (73%), 14 días (84%) y 28 días (104.49%).*

*En conclusión se obtuvieron buenos resultados de probetas patrón.*

## ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EXPERIMENTAL 4 %

**TABLA XVIII** - Resultados del ensayo de compresión del concreto experimental 4 % a los 7 días de curado.

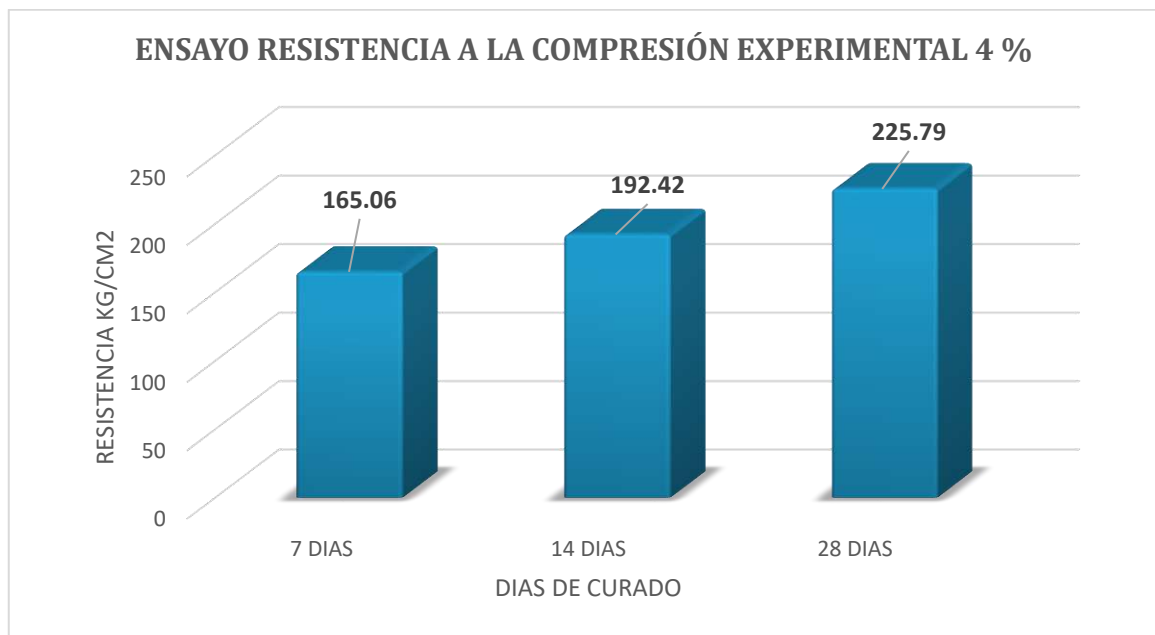
N°	TESTIGO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DÍAS	F' C kg/Cm2	FC/F' C (%)
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
<b>01</b>	PROBETA EXP - 4%	3.5	16/11/2016	23/11/2016	7	161.66	76.98
	EXP - 01						
<b>02</b>	PROBETA EXP - 4%	3.5	16/11/2016	23/11/2016	7	172.44	82.11
	EXP - 02						
<b>03</b>	PROBETA EXP - 4%	3.5	16/11/2016	23/11/2016	7	161.07	76.70
	EXP - 03						

**TABLA XIX** - Resultados del ensayo de compresión del concreto experimental 4 % a los 14 días de curado

N°	TESTIGO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DÍAS	F' C kg/Cm2	FC/F' C (%)
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
<b>04</b>	PROBETA EXP - 4%	3.5	16/11/2016	30/11/2016	14	192.06	91.46
	EXP - 04						
<b>05</b>	PROBETA EXP - 4%	3.5	16/11/2016	30/11/2016	14	188.05	89.55
	EXP - 05						
<b>06</b>	PROBETA EXP - 4%	3.5	16/11/2016	30/11/2016	14	197.15	93.88
	EXP - 06						

**TABLA XX** - Resultados del ensayo de compresión del concreto experimental 4 % a los 28 días de curado

N°	TESTIGO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DÍAS	F' C kg/Cm2	FC/F' C (%)
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
<b>07</b>	PROBETA EXP - 4%	3.5	16/11/2016	14/12/2016	28	227.91	108.53
	EXP - 07						
<b>08</b>	PROBETA EXP - 4%	3.5	16/11/2016	14/12/2016	28	221.97	105.37
	EXP - 08						
<b>09</b>	PROBETA EXP - 4%	3.5	16/11/2016	14/12/2016	28	228.18	108.66
	EXP - 09						



**Gráfico 02** - Resistencia a la compresión del concreto experimental 4 % a los 7,14 y 28 días.

Fuente: Elaboración propia

*Interpretación: De los resultados obtenidos de la prueba a la Compresión, se registra datos que alcanzaron una resistencia promedio que supera lo establecido según el RNE que es de un 60% en los primeros 7 días. Asimismo podemos apreciar que los resultados registrados a los 14 días, cumple con lo establecido según la norma y a los 28 días no llega a superar los 100% de lo establecido respectivamente. Así superando en margen al concreto patrón, 7 días (78.6%), 14 días (91.6%) y los 28 días (107.5%).*

*En conclusión se llegó a obtener los resultados requeridos.*

## ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EXPERIMENTAL 6 %

**TABLA XXI** - Resultados del ensayo de compresión del concreto experimental 6 % a los 7 días de curado.

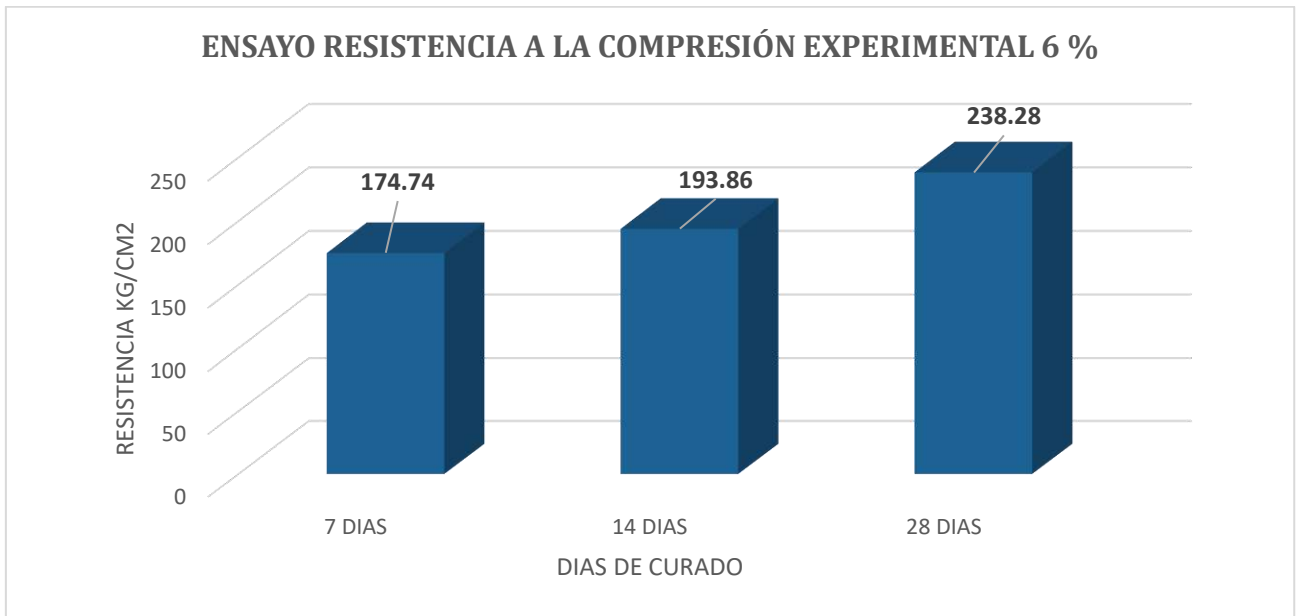
N°	TESTIGO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DÍAS	F'c kg/Cm2	FC/F'c (%)
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
<b>01</b>	PROBETA EXP - 6%	3.8	17/11/2016	24/11/2016	7	167.80	79.97
	EXP - 01						
<b>02</b>	PROBETA EXP - 6%	3.8	17/11/2016	24/11/2016	7	170.87	81.37
	EXP - 02						
<b>03</b>	PROBETA EXP - 6%	3.8	17/11/2016	24/11/2016	7	185.55	88.36
	EXP - 03						

**TABLA XXII** - Resultados del ensayo de compresión del concreto experimental 6 % a los 14 días de curado.

N°	TESTIGO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DÍAS	F'c kg/Cm2	FC/F'c (%)
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
<b>04</b>	PROBETA EXP - 6%	3.8	17/11/2016	01/12/2016	14	190.62	90.77
	EXP - 04						
<b>05</b>	PROBETA EXP - 6%	3.8	17/11/2016	01/12/2016	14	186.73	88.92
	EXP - 05						
<b>06</b>	PROBETA EXP - 6%	3.8	17/11/2016	01/12/2016	14	204.24	97.26
	EXP - 06						

**TABLA XXIII** - Resultados del ensayo de compresión del concreto experimental 8 % a los 28 días de curado

N°	TESTIGO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DÍAS	F'c kg/Cm2	FC/F'c (%)
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
<b>07</b>	PROBETA EXP - 6%	3.8	17/11/2016	15/12/2016	28	233.88	111.37
	EXP - 07						
<b>08</b>	PROBETA EXP - 6%	3.8	17/11/2016	15/12/2016	28	244.71	116.53
	EXP - 08						
<b>09</b>	PROBETA EXP - 6%	3.8	17/11/2016	15/12/2016	28	236.24	112.50
	EXP - 09						



**Gráfico 03** - Resistencia a la compresión del concreto experimental 6 % a los 7,14 y 28 días.

Fuente: Elaboración propia

*Interpretación: De los resultados obtenidos de la prueba a la Compresión, se registra datos que alcanzaron una resistencia promedio que supera lo establecido según el RNE que es de un 60% en los primeros 7 días. Asimismo podemos apreciar que los resultados registrados a los 14 días, cumple con lo establecido según la norma y a los 28 días no llega a superar los 100% de lo establecido respectivamente. Así superando en un margen pequeño al concreto patrón y al experimental 4%, 7 días (83.2%), 14 días (92.3%) y los 28 días (113.5%).*

*En conclusión se llegó a obtener los resultados requeridos.*

## ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EXPERIMENTAL 8 %

**TABLA XXIV** - Resultados del ensayo de compresión del concreto experimental 6 % a los 7 días de curado

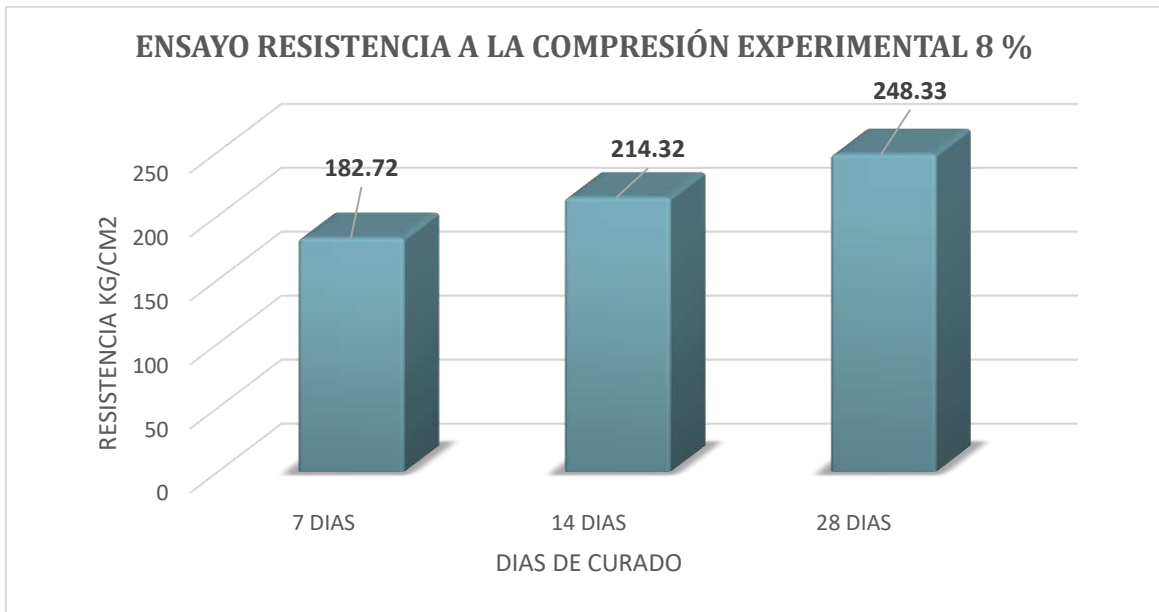
N°	TESTIGO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DÍAS	F' C kg/Cm2	FC/F' C (%)
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
<b>01</b>	PROBETA EXP - 8%	4.0	18/11/2016	25/11/2016	7	179.43	85.44
	EXP - 01						
<b>02</b>	PROBETA EXP - 8%	4.0	18/11/2016	25/11/2016	7	175.25	83.45
	EXP - 02						
<b>03</b>	PROBETA EXP - 8%	4.0	18/11/2016	25/11/2016	7	193.48	92.14
	EXP - 03						

**TABLA XXV** - Resultados del ensayo de compresión del concreto experimental 8 % a los 14 días de curado

N°	TESTIGO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DÍAS	F' C kg/Cm2	FC/F' C (%)
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
<b>04</b>	PROBETA EXP - 8%	4.0	18/11/2016	02/12/2016	14	206.84	98.49
	EXP - 04						
<b>05</b>	PROBETA EXP - 8%	4.0	18/11/2016	02/12/2016	14	218.27	103.94
	EXP - 05						
<b>06</b>	PROBETA EXP - 8%	4.0	18/11/2016	02/12/2016	14	218.76	103.74
	EXP - 06						

**TABLA XXVI** - Resultados del ensayo de compresión del concreto experimental 8 % a los 28 días de curado

N°	TESTIGO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DÍAS	F' C kg/Cm2	FC/F' C (%)
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
<b>07</b>	PROBETA EXP - 8%	4.0	18/11/2016	16/12/2016	28	255.13	121.49
	EXP - 07						
<b>08</b>	PROBETA EXP - 8%	4.0	18/11/2016	16/12/2016	28	243.03	116.68
	EXP - 08						
<b>09</b>	PROBETA EXP - 8%	4.0	18/11/2016	16/12/2016	28	244.84	166.59
	EXP - 09						



**Gráfico 04** - Resistencia a la compresión del concreto experimental 8 % a los 7,14 y 28 días.

Fuente: Elaboración propia

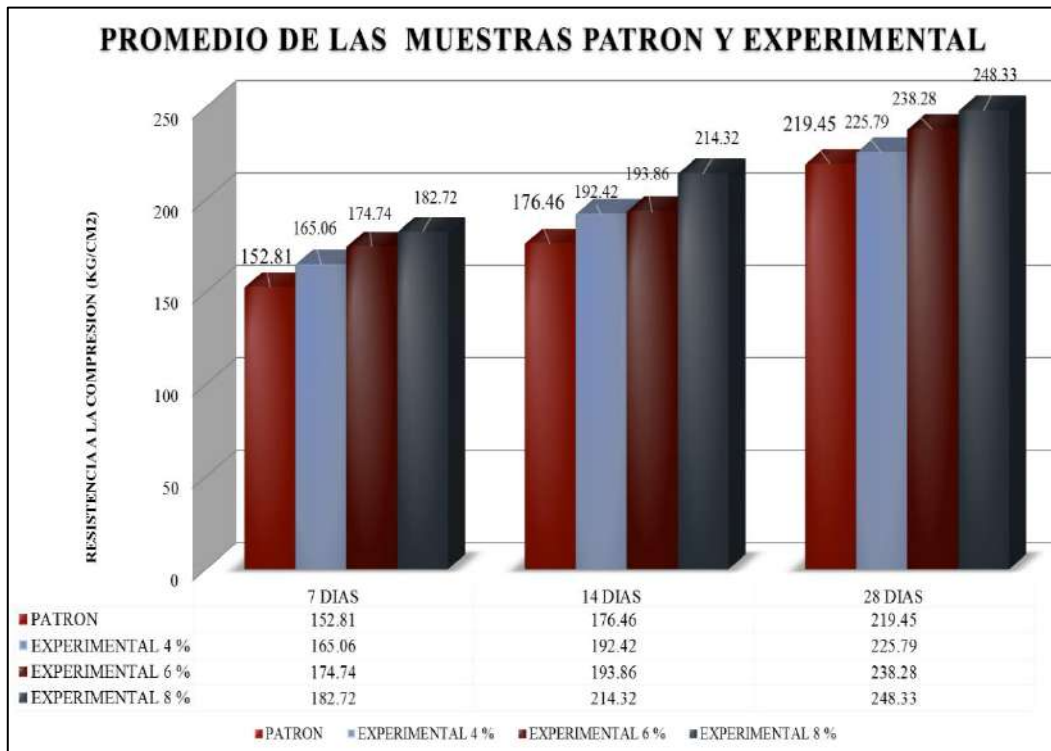
*Interpretación:* De los resultados obtenidos de la prueba a la Compresión, se registra datos que alcanzaron una resistencia promedio que supera lo establecido según el RNE que es de un 60% en los primeros 7 días. Asimismo podemos apreciar que los resultados registrados a los 14 días, cumple con lo establecido según la norma y a los 28 días no llega a superar los 100% de lo establecido respectivamente. Así superando en un margen pequeño al concreto patrón y al experimental 4% y 6%, siendo las resistencias a los 7 días (87%), 14 días (102%) y los 28 días (118.3%).

*En conclusión se llegó a obtener los resultados requeridos.*

### CUADRO RESUMEN (Kg/cm<sup>2</sup>)

DIAS	RESISTENCIA PATRON (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA EXPERIMENTAL 4 % (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA EXPERIMENTAL 6 % (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA EXPERIMENTAL 8 % (Kg/cm <sup>2</sup> )
<b>7</b>	152.81	165.06	174.74	182.72
<b>14</b>	176.46	192.42	193.86	214.32
<b>28</b>	219.45	225.79	238.28	248.33

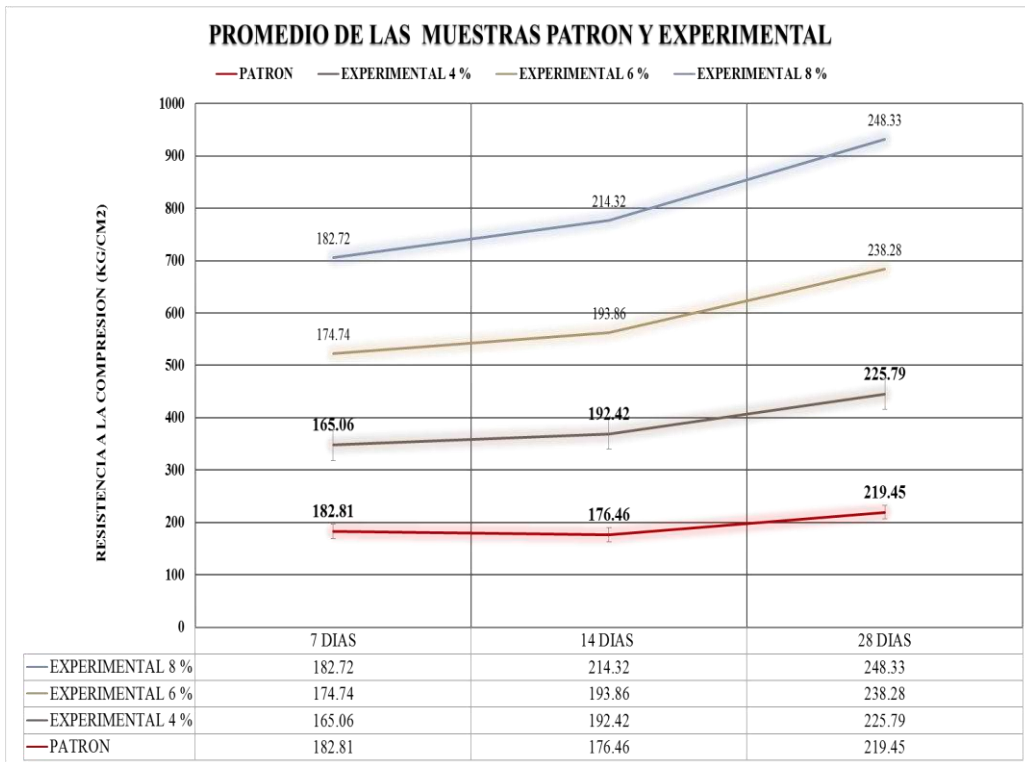
*Interpretación:* las resistencias están actuando de una forma creciente, ya que las resistencias menores se dan en el concreto patrón (152.81 kg/cm<sup>2</sup>), y llegando a una resistencia máxima en el concreto experimental 8% (248.33 kg/cm<sup>2</sup>), por lo cual esto es sumamente favorable para el proyecto.



**Gráfico 05** – Comparación de la resistencia a la compresión del concreto patrón y experimental a los 7,14 y 28 días.

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** según el gráfico de barras, la resistencia a la compresión a los 7,14 y 28 días se puede observar que las resistencias resistidas de las probetas experimentales al 4% ha superado la resistencia del concreto patrón de manera constante según van pasando los días, por lo cual también el experimental 6%, Asimismo llegando a alcanzar las resistencias máximas el concreto experimental 8% (248.33 kg/cm<sup>2</sup>), de lo cual concluimos que el material polvo de arcilla de Huari sustituyendo al 8% por el cemento ha mejorado la resistencia a la compresión con respecto a un patrón  $F_c=210\text{Kg/cm}^2$ .



**Gráfico 06** - Resistencia a la compresión del concreto experimental 8 % a los 7,14 y 28 días.

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** en la curva se nota que el concreto alcanza su mayor resistencia a los primeros 7 días por lo cual a los 14 días las resistencias crecen 12%, en los cual llegan a alcanzar su máxima resistencia a los 28 días. Alcanzando su máxima resistencia a los 28 días con 246.76 kg/cm<sup>2</sup>.

## CÁLCULOS DE LAS PRUEBAS DE HIPÓTESIS CON SPSS

**Tabla XXVII:** Resistencias a la compresión de las probetas de concreto con un porcentaje de cemento sustituido por arcilla activada de Yacya – Huari según días de curado.

Días de curado	Resistencia de concreto con porcentaje de sustitución			
	0%	4%	6%	8%
3	152,81	165,06	174,74	182,72
7	176,46	192,42	193,86	214,32
28	219,46	225,79	238,28	248,33

Fuente: Resultados de las ensayos del laboratorio de la USP

En la tabla XXVII, se puede apreciar que las resistencias a la compresión de las probetas de mortero son mayores a los 28 días de curado.

Después de verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad (Shapiro – Wilk) y homogeneidad de varianzas (Contraste de Levene) de las resistencias medias obtenidas en las probetas de concreto para cada tratamiento (sustitución de un porcentaje de cemento por arcilla activada de Yacya – Huari) se procedió a realizar la prueba ANOVA.

**Tabla XXVIII:** Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de las probetas de concreto.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Sustitución	1650.754	3	550.251	47.885	0,000
Días de curado	8343.306	2	4171.653	363.032	0,000
Error	68.947	6	11.491		
Total	10063.007	11			

Fuente: Resultados de las ensayos del laboratorio de la USP

En la **tabla XXVII**, se puede visualizar que el  $p\text{-value} < \alpha$  ( $0.000 < 0.01$ ) entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula. Por lo que podemos concluir que con nivel de 1% de significancia las resistencias medias en  $\text{kg/cm}^2$  logradas en las probetas de concreto, con sustitución del cemento en 0%, 4%, 6% y 8% por arcilla activada de Yacya - Huari, no son iguales. Es decir existe una diferencia altamente significativa entre las resistencias medias del concreto.

También se tienen que para los días de curado  $p\text{-value} < \alpha$  ( $0.000 < 0.01$ ) entonces podemos decir que las resistencias medias de las probetas de concreto son diferentes a consecuencias de los día de curado.

**Tabla XXIX** Calculo de la prueba de Tukey para verificar cuál de las resistencias a la compresión de las probetas de concreto es diferente.

Sustitución	Subconjunto para alfa = 0,05		
	1	2	3
T0%	182,91		
T4%		194.4233	
T6%		202.2933	
T8%			215.1233

Fuente: Resultados de las ensayos del laboratorio de la USP

**T8% 215.1233 --- a**

**T6% 201.2933 --- b**

**T4% 194.4233 --- b**

T0% 182.9100 --- c

En la **tabla XXIX**, después de realizar la prueba de Tukey podemos apreciar que las probetas de concreto que tiene mayor resistencia a la compresión ( $\text{kg/cm}^2$ ) es la que se sustituye el cemento por 8% de arcilla activada de Yacya - Huari, y la que registra menor resistencia es las probetas es 0% de arcilla activada de Yacya – Huari.

**Capítulo IV**  
**ANÁLISIS Y DISCUSIÓN**

#### IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

- ✓ La arcilla de Yacya – Huari que fue lavada, secada a temperatura ambiente de 25°C por tiempo de 24 horas, se determinó los límites de Atterberg. Con estos valores obtenidos se puede apreciar que el índice de plasticidad fue de 33.24%, graficando este índice de plasticidad y el límite líquido de 63.0% en el diagrama de Holtz y Kovacs, se puede apreciar que se trata de una arcilla de alta plasticidad. Dicho diagrama también nos indica en una primera aproximación que la arcilla esta próxima a ser entre caolinita o illita, pero aún no se sabe en qué proporciones y a que otros minerales está asociada.
- ✓ Se presenta la curva TGA (análisis termo gravimétrico) y DSC (Curva Calorimétrica), los análisis fueron hechos utilizando un equipo SetSys\_Evolution, con capacidad máxima de 1600°C. Se puede observar la pérdida de masa de la arcilla de Yacya con el incremento de temperatura de 70° C (temperatura ambiente) hasta los 120°C a partir del cual el material comienza a descomponerse y con ello a perder masa, el material llega a perder un total de 45% de masa respecto al inicial donde apreciamos un cambio de fase entre 120°C y 500°C, apreciamos un tercer descenso de pérdida de masa donde la velocidad de calentamiento fue de 15°C/min se aprecia un cambio fase entre 500°C y 800°C (según la pendiente), lo que indica una descomposición térmica de la arcilla de Yacya.

En la figura 04 se observa los resultados del análisis termo gravimétrico inicialmente existe la perdida de agua entre 30 y 50°C, se percibe una primera importante pérdida de masa debido a la humedad entre 70 y 120°C. Más adelante entre 120 y 500°C se aprecia un cambio de composición o un cambio de estructura. Y una tercera pérdida de masa entre 500°Cy 800°C. En otros rangos de temperatura la pérdida de masa es muy leve.

En la figura 05 se observa en la curva muestra un pico de absorción térmica a aproximadamente 100°C y una región térmica entre 190°C y 240°C, posteriormente a una temperatura de aproximadamente 520°C se muestra un

gran pico endotérmico con gran posibilidad de existir cambio estructural y en las características del material.

- Los resultados obtenidos del ensayo de espectrometría de fluorescencia de rayos X, según la Tabla XII demuestran la presencia de precursores puzolánicos en elevados porcentajes tales como: Trióxido de Aluminio es de 38.674 % que supera al cemento que contiene un 6.5%, Silicio 37.552 %. Puedo definir que aportara favorablemente ante la sustitución de un 4%, 6% y 8% ya que los demás componentes son de bajo porcentaje pero favorables porque aportan a las propiedades del cemento.
- En los resultados de exámenes de PH obtuve: Para la arcilla es 8.5. Lo que significa que se encuentra dentro de los límites máximos permisibles de parámetros de calidad establecido de ser mayor que 7. De igual manera para la sustitución del cemento por la arcilla de Yacya en porcentajes de 4,6 y 8% es de 11.5 respectivamente, por lo cual dichos resultados son favorables.
- Los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión del Patrón, según las Tablas XIV, XV, XVI y el gráfico 01, muestran que a los 7 días alcanzó una resistencia promedio que supera lo establecido que es un 70%. También se observa que los resultados obtenidos a los 14 días no supera el 85%, pero a los 28 días superaron el 100% de lo establecido.
- Los resultados adquiridos del ensayo de resistencia a la compresión del Experimental 4%, según las Tablas XVII, XVIII, XIX y el gráfico 02, expresan que a los 7 días alcanzó una resistencia promedio que supera lo establecido que es un 70%. También se observa que los resultados obtenidos a los 14 y 28 días superaron el 85% y 100% de lo establecido.
- Los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión del Experimental 6%, según las Tablas XX, XXI, XXII y el gráfico 03, muestran que a los 7 días se obtuvo una resistencia promedio que supera lo establecido

que es un 70%, de las cuales el concreto experimental con 6% logro superar al experimental anterior. También se observa que los resultados obtenidos a los 14 y 28 días superaron el 85% y 100% de lo establecido, de los cuales el concreto experimental con 6% de arcilla registró una resistencia mayor.

- Los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión del Experimental 8%, según las Tablas XXIII, XXIV, XXV y el gráfico 04, muestran que a los 7 días se obtuvo una resistencia promedio que supera lo establecido que es un 70%, de las cuales el concreto experimental con 8% logro superar a todos. También se observa que los resultados obtenidos a los 14 y 28 días superaron el 85% y 100% de lo establecido, de los cuales el concreto experimental con 8% de arcilla registró una resistencia mayor a los demás establecidos anteriormente.
  
- En general el gráfico 05 y 06 muestra que el concreto experimental con 8% de arcilla obtuvo una mayor resistencia a la compresión que el concreto experimental con 4 y 8 % de arcilla y el concreto patrón, lo que significa que el porcentaje óptimo de sustitución del cemento por la arcilla activada es 8%, sugiriendo seguir reemplazando en otros porcentajes mayores.

*Capítulo V*

**CONCLUSIONES Y  
RECOMENDACIONES**

## V. CONCLUSIONES

- ✓ El grado de plasticidad de la arcilla de Yacya – Huari es de 33.24% y el límite líquido de 63.0%, estos valores en el diagrama de Holtz y Kovacs se puede apreciar que se trata de una arcilla de alta plasticidad, lo cual nos indica que se aproxima a ser entre caolinita o illita.
- ✓ Según los resultados del Análisis Térmico Diferencial (ATD), Siendo realizadas las pruebas correspondientes en la UNT en diferentes laboratorios por los Ingenieros a cargo, la temperatura de calcinación es de 500°C, y según los antecedentes registrados la temperatura de calcinación es de 600°C. Lo cual tomamos el intermedio y llegamos a la conclusión de calcinarla a una temperatura óptima de 550 °C.
- ✓ La activación térmica de la arcilla de Yacya – Huari se realizó a una temperatura óptima de 550 °C por tiempo de 1 hora y media, según los análisis de los laboratorios y de los antecedentes.
- ✓ Los resultados obtenidos del ensayo de espectrometría de fluorescencia de rayos X, según la Tabla XII demuestran la presencia de precursores puzolánicos en elevados porcentajes tales como: Trióxido de Aluminio es de (38.674 %) que supera al cemento que contiene un 6.5%, y el Dióxido de Silicio (37.552 %) con el óxido de calcio CaO (5.753 %), los cuales son componentes del cemento. Puedo definir que el Aluminio y el Calcio contribuyen favorablemente en la hidratación, fraguado y la resistencia del concreto, apreciando un alto porcentaje de Silicio el cual es un elemento favorable para la resistencia del concreto, el contenido de óxido de potasio K<sub>2</sub>O (8.63 %) ayuda al concreto en la absorción del agua y a la expansión del concreto, los componentes desfavorables son el Dióxido de Titanio (0.81 %) y el Oxido de Manganeso (0.21 %) lo cual si sus contenidos son mayores del 5 % se obtiene disminución de resistencias a largo plazo.

- ✓ En los resultados de exámenes de PH obtuvimos: Para la arcilla es 8.5. Lo que significa que cumple con lo establecido de ser mayor de 7. Por lo cual el PH del cemento tipo I fue 12.0 dándonos un PH comprendido en el rango de material cementante.
  
- ✓ La relación agua-cemento (A/C) del concreto patrón es 0.714 y la relación agua-cemento del concreto experimental al 4 % es 0.743, lo que agregamos 200 miligramos de agua a la mezcla. Para el experimental 6 % es 0.75, lo que agregamos 400 miligramos de agua a la mezcla. Para el experimental 8 % es 0.776, lo que agregamos 800 miligramos de agua a la mezcla. Debido principalmente a que la arcilla activada presenta mayor absorción y menor contenido de humedad en comparación al cemento tipo I, por lo cual le agregamos agua para aumentar la fluidez y darle al concreto experimental una mayor trabajabilidad y plasticidad.

Otro factor importante en el cual le agregamos agua es porque en la prueba de slump el asentamiento fue de 3.2 pulgadas para el patrón, con lo cual cumple de 3 a 4 según la norma. Por lo que en el experimental 4, 6 y 8% no cumple dicho slump, por esta razón le aumentamos agua 200, 400 y 800 miligramos respectivamente para que pueda cumplir el slump y ser un concreto trabajable.

Se sabe que las mezclas con menor cantidad de agua tienen una resistencia a la compresión alta, ya que conforme aumenta la cantidad de agua disminuye la resistencia, debido al mayor volumen de espacios vacíos creados por el agua libre, aquí no cumple debido a que los agregados estaban totalmente secas antes de la mezcla, y también porque los componentes de la arcilla aluminio, silicio y calcio en mayores porcentajes que el cemento ayudan favorablemente a darle mayor resistencia al concreto. A mayor volumen de poros, menor volumen de masa de concreto, que es al fin y al cabo la que tiene la resistencia. El aire de los poros no resiste.

Por otro lado, el agua que se encuentra en el concreto tarde o temprano acabará evaporando, saldrá de la masa dejando un hueco vacío, lo será ocupado por aire y se creará un poro, lo que iniciará un proceso de degradación del elemento en cuanto el ambiente exterior alcance cierta profundidad.

- ✓ Los resultados del ensayo de resistencia a la compresión demuestran que el concreto experimental al 4, 6 y 8 % de sustitución del cemento por arcilla activada de Yacya, superan la resistencia promedio del concreto patrón, pero el concreto experimental con 8% de arcilla activada es el que presenta mejores resultados, observamos que a los 28 días lo está superando uno de la otra (Patrón = 219.45 kg/cm<sup>2</sup>, 4% = 225.79 kg/cm<sup>2</sup>, 6% = 238.28 kg/cm<sup>2</sup>, 8% = 248.33 kg/cm<sup>2</sup>).
  
- ✓ Los resultados de la prueba de ANOVA se obtiene un  $F = 47.885$  mayor al  $F_{critico} = 3.89$ , por lo que genera una diferencia significativa; es decir se rechaza la hipótesis nula.  
 También se puede visualizar que el  $p\text{-value} < \alpha$  ( $0.000 < 0.01$ ) entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula. Por lo que podemos concluir que con nivel de 1% de significancia las resistencias medias en kg/cm<sup>2</sup> logradas en las probetas de concreto no son iguales. Es decir existe una diferencia altamente significativa entre las resistencias medias del concreto.  
 En los resultados de la prueba de Tukey podemos apreciar que las probetas de concreto que tiene mayor resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>) es la que se sustituye el cemento por 8% (T8% - 215.12%) de arcilla activada de Yacya - Huari, y la que registra menor resistencia es las probetas es 0% (T0% - 182.91%) de arcilla activada de Yacya – Huari.
  
- ✓ La utilización de la arcilla de Yacya – Huari sustituyendo al cemento en la producción de concreto ayuda a reducir la extracción de recursos naturales, mitigando el impacto ambiental que se genera en esta actividad extractiva.

## RECOMENDACIONES

- Según los resultados obtenidos satisfactorios podemos seguir sustituyendo en más porcentajes la arcilla y por los antecedentes internacionales podemos ver una dosificación mayor del 10 % no da resultados óptimos, por lo cual se recomienda seguir sustituyendo más del 10% hasta el 50% de arcilla de Yacya al diseño de concreto convencional.
- Es muy importante que cuando la muestra sea calcinada térmicamente, una vez apagado el horno esperar 24 horas para poder abrirlo ya que si se abre instantemente reventará debido al cambio brusco de temperatura.
- La muestra una vez activada mecánica o térmicamente se deberán depositar en una bolsa de papel mantequilla y no en bolsas de plásticos.
- Es importante tener adecuados moldes para la elaboración de las probetas de concreto ya que influye mucho el área de contacto cuando se realiza los ensayos a compresión.
- El enrasado de las probetas debe ser totalmente totalmente lisa en la superficie después de haberse vaciado el concreto.
- Cuando se realice la sustitución es necesarios contar con los materiales adecuados para que proporcionalmente se mezclen las partículas del material experimental y el cemento.
- Es muy importante tener en cuenta la relación agua cemento que se obtendrá cuando se realice el nuevo concreto con el material experimental.
- Para la preparación de los moldes es importante no utilizar líquidos o fluidos que no puedan alterar la composición química del material experimental. Es recomendable usar cinta de embalaje.

*Capítulo VI*

**AGRADECIMIENTO**

A Dios por permitirme alcanzar esta meta, por iluminar mis pensamientos y estar siempre conmigo en todo momento. Por permitirme gozar de una buena vida llena de salud y colocar en mi camino a todas las grandes personas que de una u otra forma formaron parte fundamental en alcanzar una de las muchas metas pautadas.

A mis padres Julio y Desiré, por educarme con amor y paciencia, por su apoyo, ejemplo, esfuerzo, estímulo y por brindarme esa confianza incondicional durante todo el desempeño de mi carrera, sin ustedes no hubiera podido lograrlo, los amo.

A mis hermanos Junior y Lenin, gracias por estar conmigo en todo momento, por darme aliento a seguir adelante y orientarme en los momentos difíciles de mi carrera.

A mis profesores y amigos que con sus conocimientos, ayuda oportuna y desinteresada contribuyeron a la finalización de este trabajo.

A todas aquellas personas que formaron parte de mi vida y me motivaron para lograr este mérito. **A TODOS**, muchísimas gracias por ser parte de este gran logro.

**NIETO AGUIRRE HEYNER JERSON**

*Capítulo VII*

**REFERENCIAS  
BIBLIOGRAFICAS**

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bernal, J. (2009). "El agua en el concreto". Preparado en el SENA.  
Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/97748361/Agua-Para-El-Concreto-pdf>
- Curiel, G. y Hernández, L. (2012) "Resistencia a la compresión de morteros utilizando cemento portland tipo II y arcilla", (tesis de grado). Universidad Rafaela Urdaneta, Venezuela.  
Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/332958820/Resistencia-a-la-Compresion-pdf>
- Delgado, A. y Negrete, C. (2012) "Evaluación del uso de arcillas y puzolanas para la fabricación de cemento portland puzolánico tipo IP", (tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Ecuador.  
Recuperado de: <https://es.scribd.com/dspace.ucuenca.edu.ec>
- Druc, I. (2000) "Etnoarqueología cerámica en la zona de huari, Ancash".  
Recuperado de: <https://bifea.revues.org/7349>
- EIA y EIS. (2012). propiedades geomecánicas. 2014, de Perú LNE.  
Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/57078056/dureza-1pdf>
- Garcia, R. y Suarez, B. (2006) "Arcillas, Propiedades y Usos", Universidad Complutense (Madrid) y Universidad de Salamanca.  
Recuperado de: <https://es.m.wikipedia.org/wiki/Arcillas>
- Gomezlurado, J. (2007) "Tecnología y Propiedades, Instituto del Concreto". Manual del ingeniero civil, McGraw-Hill, 3era edicion, pp.1-2.  
Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/234779446/Tecnologia-Del-Concreto-pdf>
- Hernandez, E. (2009). Resistencia a la compresión del Concreto. 2014.  
Recuperado de: <http://notasdeconcretos.blogspot.com/2011/04/resistencia-la-compresion-del-concreto.html>
- IECA. (2013). "Componentes y propiedades del cemento". 2015, de IECA  
Recuperado de: [https://www.ieca.es/gloCementos.asp?id\\_rep=179](https://www.ieca.es/gloCementos.asp?id_rep=179)

- NTP 400.012. (2003). Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino.  
Recuperado de: <https://es.slidechare.net/AnthonyVega/analisis-granulometrico-del-agregado-fino>
- NTP 400.037. (2003). Agregados. Análisis granulométrico del agregado grueso.  
Recuperado de: <https://es.slidechare.net/AnthonyVega/analisis-granulometrico-del-agregado-grueso>
- Navarro, R. (2011). Dosificación y Diseño de Mezcla del Concreto. 2015  
Recuperado de: <http://www.academia.edu/7869946/Dosificacionodiseñodemezclasdelconcreto->
- Osorio, N. (2005) “Caracterización de las arcillas para la fabricación de ladrillos artesanales”, (tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Rodriguez, A (2002). Metodología de la Investigación Científica. Standard Practice for Curing Concrete, ACI 308, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
- Taylor, H (2003). La química de los cementos, Volumen I. Departamento de Química Universidad de Aberdeen, Escocia. Ediciones URMO, Esportero – Bilbao.
- Tironi, A. (2013) “Materiales cementicos de baja energía. Activación térmica de arcillas, relación entre estructura y actividad puzolánica”, (tesis de grado). Universidad Nacional de la Plata, Argentina.
- Vivian, M. & Esteban, L. (2006). “Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje en la asignatura de “tecnología del hormigón”. Bolivia: Universidad Mayor de San Simón.

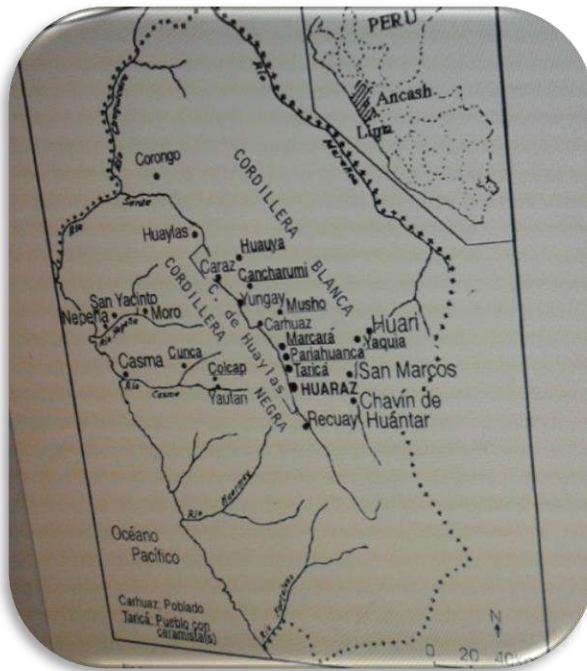
# **ANEXOS**

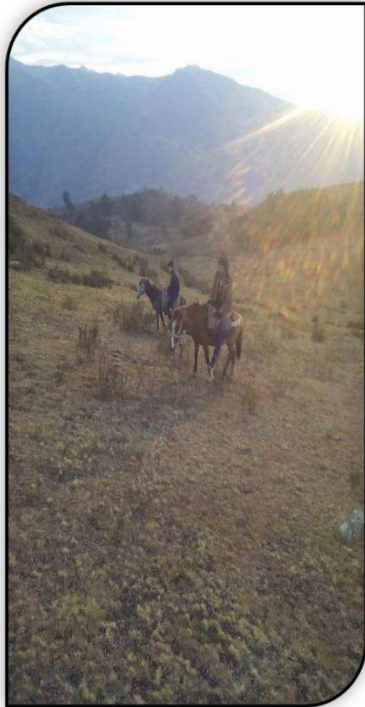
ANEXO N°01

ENSAYOS EN LABORATORIO

# ANEXOS

## ❖ RECOLECCION DE LA MATERIA PRIMA (ARCILLA) HUARI-YACYA





**LA ARCILLA SE ENCUENTRA EXACTAMENTE EN EL CERRO SHUSHUMIA 3500 m.s.n.m. A 3 HORAS APROXIMADAMENTE DEL PUEBLO DE YACYA EN CABALLO.**

**MATERIA PRIMA CON LA QUE TRABAJAREMOS NUESTRO PROYECTO DE INVESTIGACION - ARCILLA DE YACYA**



❖ **PROCESO PARA CALCULAR EL DISEÑO DE MEZCLA**

**EL AGREGADO FINO ES DE LA CANTERA LA CUMBRE (VESIQUE)  
EL AGREGADO GRUESO ES DE LA CANTERA LA SORPRESA**



❖ **ENSAYO DE LA MATERIALES EN EL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

➤ **CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO**



➤ **CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO**



➤ **PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS**



✓ **PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO**

- **PESO UNITARIO SUELTO**
- **PESO UNITARIO COMPACTADO**



✓ **PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO**

- **PESO UNITARIO SUELTO**
- **PESO UNITARIO COMPACTADO**



➤ **ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO FINO Y GRUESO**



➤ **PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS**

✓ **AGREGADO FINO**



✓ **AGREGADO GRUESO**



## ENSAYO DE LA ARCILLA

- **PRIMER PASO**

PRIMERO PONEMOS A SECAR LA ARCILLA AL SOL POR 24 HORAS LUEGO LO PICAMOS EN PEDACITOS.



- **SEGUNDO PASO**

LA ARCILLA PICADA LO DISOLVEMOS EN UN BALDE CON AGUA.



- **TERCER PASO**

UNA VEZ DISUELTO LO PASAMOS POR LA ORGANZA PARA DEJARLO ACENTARSE POR 24 HORAS..



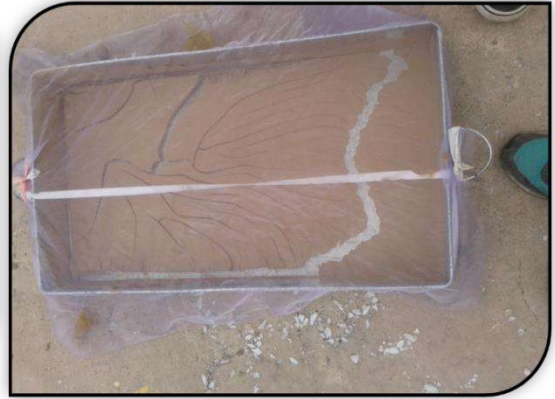
- **CUARTO PASO**

PASAMOS A DISTINGUIR EL LIMO, ARCILLA Y ARENA. PARA LUEGO EXTRAER SOLAMENTE LA ARCILLA.



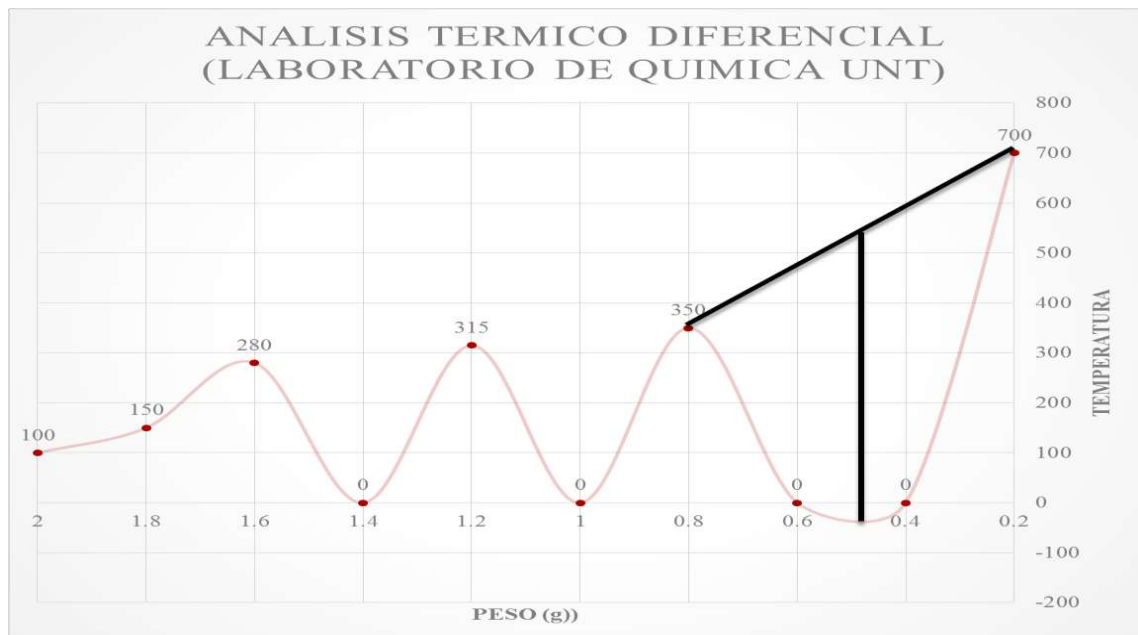
- **QUINTO PASO**

LA ARCILLA EXTRAIDA LO PONEMOS EN UNAS BANDEJAS PARA PONERLO A SECAR POR UNOS DIAS. UNA VEZ SECADO AL SOL PASAMOS A GUARDAR LA ARCILLA EN UN RECIPIENTE PARA SU RESPECTIVA CALCINACION.



# ANEXO N°02

## ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL (ATD) EN LA UNT



- HAY UN CAMBIO DE TEMPERATURA PICO ENTRE
- 350 Y 700 °C. INTERSECTANDO LLEGA A 530 °C.



### INFORME DE ANÁLISIS

SOLICITANTE	: NIETO AGUIRRE JERSON
MUESTRA	: ARCILLA DE HUARI
TIEMPO DE ANALISIS	: 5 horas
UBICACIÓN	: TRUJILLO
FECHA DE INGRESO	: 25 DE OCTUBRE DEL 2016
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

PESO (g)	TEMPERATURA
2	100 °C
1.8	150 °C
1.6	280 °C
1.4	-
1.2	315 °C
1.0	-
0.8	350 °C
0.6	-
0.4	-
0.2	700°C

TRUJILLO 28 DE OCTUBRE DEL 2016

  
Carlos Pineda Mendez  
ING. QUÍMICO  
R. CIP. 127586

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBÓN - CAL

**FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA**

949178550 - 949959632 - RPM: \*0056432



Trujillo, 14 de Noviembre del 2016

**INFORME N° 29 - NOV-16**

**Solicitante:** Jerson Nieto Aguirre–Universidad San Pedro - Chimbote  
**RUC/DNI:** .....  
**Supervisor:** .....

**1. MUESTRA:** Arcilla (1 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
I	ANJ-14N	19.7 mg	-----

**2. ENSAYOS A APLICAR**

- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ Análisis térmico Diferencial DTA.
- Análisis Termogravimétrico TGA.

**3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES**

- Analizador Térmico simultáneo TG\_DTA\_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys\_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 800 °C.
- Masa de muestra analizada: 19.7 mg.

**Jefe de Laboratorio:** Ing. Danny Chávez Novoa  
**Analista responsable:** Ing. Danny Chávez Novoa

Tel.: 44-203510/949700880/958369003 [danibhaves@untrujillo.edu.pe](mailto:danibhaves@untrujillo.edu.pe) / Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria / Trujillo.





Trujillo, 14 de Noviembre del 2016

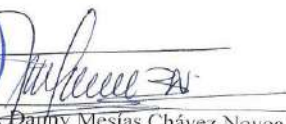
INFORME N° 29 - NOV-16

5. CONCLUSION:

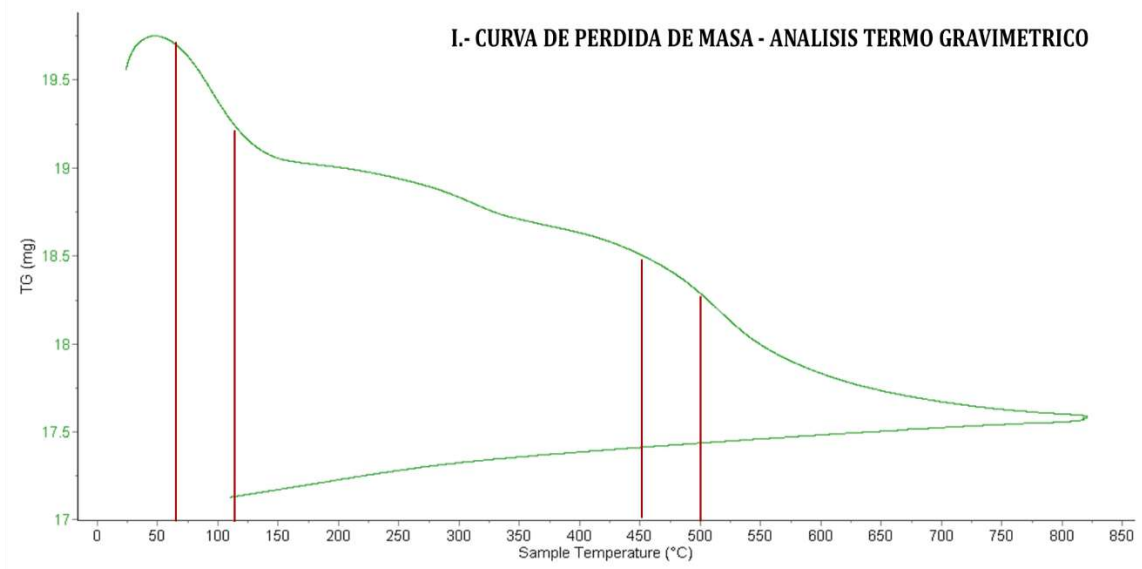
1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra dos importantes descenso como consecuencia de su pérdida de masa frente a la temperatura, la primera, entre 70° y 120 °C, y la segunda entre 450 y 500°C. La muestra llega a perder hasta el 12% de su masa en el rango de temperatura estudiado.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, la curva muestra un (1) pico endotérmico a aproximadamente a 100 y una (1) región térmica entre 190 y 240°C. Posteriormente la curva experimenta un ligero pico endotérmico en torno a 520°C lo que indicaría un cambio de fase y cambio en sus propiedades.

Trujillo, 14 de noviembre del 2016

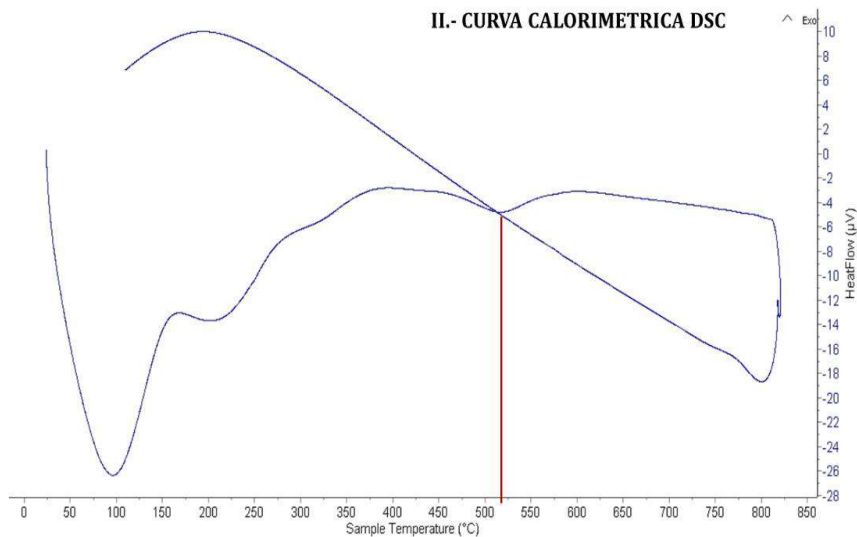


  
Ing. Dany Mesías Chávez Novoa  
Jefe de Laboratorio de Polímeros  
Departamento Ingeniería de Materiales - UNT

- ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL EN EL LABORATORIO DE POLÍMEROS



1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra dos importantes descenso como consecuencia de su pérdida de masa frente a la temperatura, la primera, entre 70° y 120 °C, y la segunda entre 450 y 500°C. La muestra llega a perder hasta el 12% de su masa en el rango de temperatura estudiado.



- EN CONCLUSION:**  
**VIENDO LOS GRAFICOS DE LOS ANALISIS TERMICOS Y COMPARANDO CON LOS ANTECEDENTES. LA TEMPERATURA OPTIMA PARA LA CALCINACION SERIA 550 °C.**

2. De acuerdo al análisis calorimétrico, la curva muestra un (1) pico endotérmico a aproximadamente a 100 y una (1) región térmica entre 190 y 240°C. Posteriormente la curva experimenta un ligero pico endotérmico en torno a 520°C lo que indicaría un cambio de fase y cambio en sus propiedades.

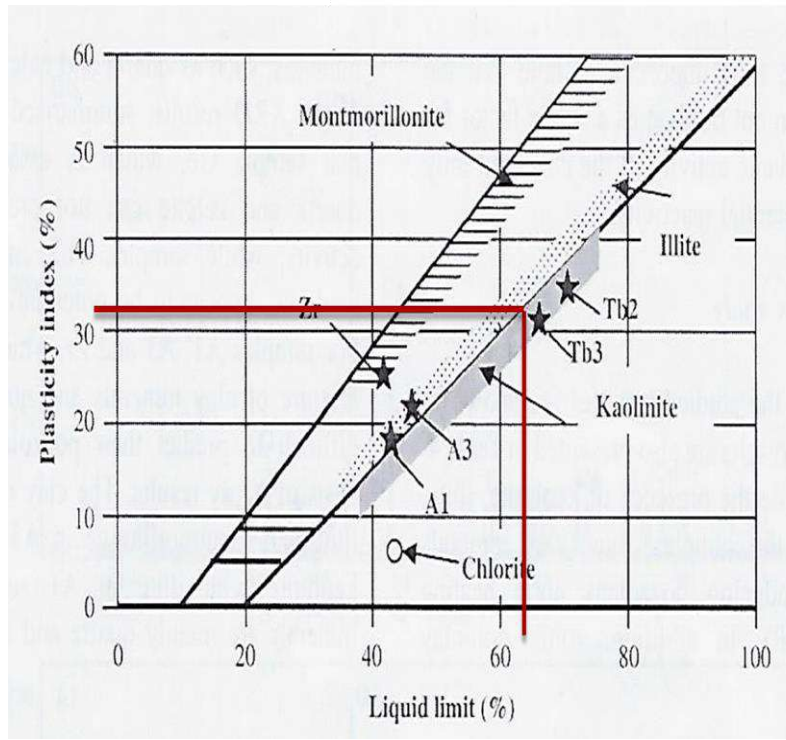
# ANEXO N°03 ENSAYO DE LIMITE LÍQUIDO Y PLASTICO DE LA ARCILLA



## LIMITES DE ATTERBERG

- OBSERVAMOS EN EL GRAFICO. LA INTERSECCION MUESTRA QUE LA ARCILLA ES DE TIPO CAOLINITA Y ILLITA

Nº DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	1	2	3
PESO TARA + SUELO HUMEDO(gr)	43.37	53.9	56.02	24.37	24.37	24.37
PESO TARA + SUELO SECO(gr)	33.65	41.36	42.81	23.62	23.62	23.62
PESO DE TARA(gr)	18.59	21.65	21.1	21.1	21.1	21.1
PESO DEL AGUA (gr)	9.72	12.54	13.21	0.75	0.75	0.75
PESO SUELO SECO (gr)	15.06	19.71	21.71	2.52	2.52	2.52
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	64.5	63.6	60.8	29.8	29.8	29.8
Nº DE GOLPES	15	21	34	29.76		



LIMITE LIQUIDO	
(MTC E-110 ASTM D-4316 Y AASHTO T89)	
LL	% 63.0

LIMITE PLASTICO	
MTC E-111 ASTM D-4318 Y AASHTO T90	
LP	% 29.76

INDICE DE PLASTICIDAD	
ASTM D-438	
IP	% 33.24

# ANEXO N°04

## ENSAYOS DE COMPOCICION QUIMICA DE LOS MATERIALES



**ARCILLA YACYA**

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Trióxido de Aluminio ( $Al_2O_3$ )	38,674	ESPECTROMETRÍA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X
Dióxido de Silicio ( $SiO_2$ )	37,552	
Óxido de Potasio ( $K_2O$ )	8,626	
Trióxido de Hierro ( $Fe_2O_3$ )	7,795	
Óxido de Calcio ( $CaO$ )	5,753	
Dióxido de Titanio ( $TiO_2$ )	0,812	
Pentóxido de Fósforo ( $P_2O_5$ )	0,489	
Óxido de Manganeso ( $MnO$ )	0,206	
Trióxido de Azufre ( $SO_3$ )	0,069	
Óxido de Zinc ( $ZnO$ )	0,024	

**CEMENTO**

	Oxido componente	Porcentaje Típico	Abreviatura
Cal combinada	$CaO$	62.5%	C
Sílice	$SiO_2$	21%	S
Alúmina	$Al_2O_3$	6.5%	A
Hierro	$Fe_2O_3$	2.5%	F
Cal Libre	$CaO$	0%	
Azufre	$SO_3$	2%	
Magnesio	$MgO$	2%	
Alcalis	$Na_2O$ y $K_2O$	0.5%	
Perdida al Fuego	P.F.	2%	
Residuo insoluble	R.I.	1%	



**INFORME TÉCNICO N° 1884 – 16 – LAB. 12**

1. DATOS DEL SOLICITANTE
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : HEYNER JERSON NIETO AGUIRRE
  - 1.2 D.N.I : 70141529
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 07 / 12 / 2016
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 12 / 12 / 2016
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 13 / 12 / 2016
3. ANÁLISIS SOLICITADO : ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA
  - 4.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE ARCILLA
  - 4.2 TESIS : "RESISTENCIA EN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 4%, 6% y 8% POR ARCILLA ACTIVADA DE YACYA-HUARI"
5. LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO N°12 - FACULTAD DE CIENCIAS
6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 23 °C; Humedad relativa: 66%
7. EQUIPO UTILIZADO : Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X SHIMADZU, EDX 800-HS.
8. RESULTADOS



**8.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADA COMO ÓXIDOS**

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Trióxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	38,674	ESPECTROMETRÍA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X
Dióxido de Silicio (SiO <sub>2</sub> )	37,552	
Óxido de Potasio (K <sub>2</sub> O)	8,626	
Trióxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	7,795	
Óxido de Calcio (CaO)	5,753	
Dióxido de Titanio (TiO <sub>2</sub> )	0,812	
Pentóxido de Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0,489	
Óxido de Manganeso (MnO)	0,206	
Trióxido de Azufre (SO <sub>3</sub> )	0,069	
Óxido de Zinc (ZnO)	0,024	

\*El porcentaje de error del equipo es de ±0.02

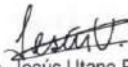
## 8.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADA COMO ELEMENTOS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Silicio (Si)	46,828	ESPECTROMETRÍA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X
Aluminio (Al)	24,152	
Calcio (Ca)	12,198	
Hierro (Fe)	7,531	
Potasio (K)	6,428	
Titanio (Ti)	1,568	
Fósforo (P)	0,711	
Manganeso (Mn)	0,361	
Azufre (S)	0,171	
Zinc (Zn)	0,052	

\*El porcentaje de error del equipo es de  $\pm 0.02\%$

## 9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

Los resultados de este Informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

  
Bach. Jesús Utano Reyes  
Analista Químico  
LABICER - UNI

  
M.Sc. Otilia Acha de la Cruz  
Jefa de Laboratorio  
Responsable del análisis  
CQP 202

(\*) El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

ANEXO



Figura 1. Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X



Figura 2. Fotografía de la Muestra de arcilla activada de Yacya - Huarí, colocada en el portamuestras



Figura 3. Muestra colocada en el Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X



Figura 4. Muestra observada desde la cámara interna del Equipo de Fluorescencia de Rayos X



# ANEXO N°05

## ENSAYOS DE pH DEL CEMENTO Y LA ARCILLA



Parámetro	Método	Valor Obtenido	Muestra (proporcionada por el cliente)
pH	Colorimétrico	12.0	Cemento tipo I
pH	Colorimétrico	8.5	Arcilla de Huari
pH	Colorimétrico	12.0	Mezcla Cemento + Arcilla (4%)
pH	Colorimétrico	11.5	Mezcla Cemento + Arcilla (6%)
pH	Colorimétrico	11.5	Mezcla Cemento + Arcilla (8%)



ÁREA ACADÉMICA QUÍMICA INDUSTRIAL  
LABORATORIO DE ELECTROANALÍTICA

**INFORME DE ANÁLISIS DE pH EN CEMENTO Y ARCILLAS**

Cliente: Nieto Aguirre Jerson

número de orden: 1202161

Responsable: Benigno Miñano Calderón

código de muestra: Sin

Referencia Cliente: Egresado Ing. Civil USP

Fecha de análisis: Diciembre 02 del 2016

Parámetro	Método	Valor Obtenido	Muestra (proporcionada por el cliente)
pH	Colorimétrico	12.0	Cemento tipo I
pH	Colorimétrico	8.5	Arcilla de Huari
pH	Colorimétrico	12.0	Mezcla Cemento + Arcilla (4%)
pH	Colorimétrico	11.5	Mezcla Cemento + Arcilla (6%)
pH	Colorimétrico	11.5	Mezcla Cemento + Arcilla (8%)

Ing. Químico Benigno Miñano Calderón

CIP N° 34620

## ANEXO N°06 ABRACION DE LA PIEDRA



Pasa 3/4" ----- Retenido 1/2" = 2500 gr  
Pasa 1/2" ----- Retenido 3/8" = 2500 gr

MALLA #12

Queda = 4503.4 gr

$$\frac{5000 - 4503.4}{5000} * 100$$

DESGASTE = 9.94%



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**DISEÑO DE MEZCLA**

SOLICITA : BACH NIETO AGUIRRE HEYNER JERSON  
 TESIS : RESISTENCIA EN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 4%, 6% Y 8% POR ARCILLA ACTIVADA DE YACYA - HUARI  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA : 27/12/2016

**ESPECIFICACIONES**

- La selección de las proporciones se hará empleando el método del ACI
- La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 días.

**MATERIALES**

A - Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso específico ..... 3.18

B - Agua :

- Potable, de la zona.

C - Agregado Fino :

**CANTERA : VESIQUE**

- Peso específico de masa 2.72
- Peso unitario suelto 1580 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1762 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.57 %
- Absorción 1.04 %
- Módulo de fineza 2.43

D - Agregado grueso

**CANTERA : LA SORPRESA**

- Piedra, perfil angular 3/4"
- Tamaño Máximo Nominal 2.54
- Peso específico de masa 1443 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario suelto 1547 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.77 %
- Absorción 1.30 %





**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO**

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4" .

**VOLUMEN UNITARIO DE AGUA**

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4" , el volumen unitario de agua es de 205 lt/m<sup>3</sup> .

**RELACIÓN AGUA - CEMENTO**

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

**FACTOR DE CEMENTO**

F.C. : 205 / 0.684 = 299.708 kg/m<sup>3</sup> = 7.05 bolsas / m<sup>3</sup>

**VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS**

Cemento.....	299.708	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	213.988	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	766.175	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	1024.487	kg/m <sup>3</sup>

**PROPORCIONES EN PESO**

$$\frac{299.71}{299.71} : \frac{766.175}{299.71} : \frac{1024.49}{299.71}$$

1 : 2.56 : 3.42 : 30.34 lts / bolsa

**PROPORCIONES EN VOLUMEN**

1 : 2.41 : 3.53 : 30.34 lts / bolsa

 UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA,  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
*Jorge Montañez Reyes*  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE



# USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**DISEÑO DE MEZCLA  
(SUSTITUCION 4% DE CEMENTO)**

SOLICITA BACH NETO AGUIRRE HEYNER JERSON  
 TESIS RESISTENCIA EN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 4%, 6% Y 8% POR ARCILLA ACTIVADA DE YACYA - HUARI  
 LUGAR CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA 27/12/2016

**ESPECIFICACIONES**

- La selección de las proporciones se hará empleando el método del ACI
- La resistencia en compresión de diseño promedio 210 kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 días.

**MATERIALES**

**A.- Cemento :**

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso específico ..... 3.18

**B.- Arcilla de Yacya - Huari :**

- Peso específico ..... 3.21

**C.- Agua :**

- Potable, de la zona.

**D.-Agregado Fino :**

**CANTERA : VESIQUE**

- Peso específico de masa 2.72
- Peso unitario suelto 1580 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1762 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.57 %
- Absorción 1.04 %
- Módulo de fineza 2.43

**E.- Agregado grueso**

**CANTERA : SORPRESA**

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 3/4"
- Peso específico de masa 2.54
- Peso unitario suelto 1443 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1547 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.77 %
- Absorción 1.30 %





**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO**

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4" .

**VOLUMEN UNITARIO DE AGUA**

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4" , el volumen unitario de agua es de 205 lt/m<sup>3</sup> .

**RELACIÓN AGUA - CEMENTO**

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

**VOLUMENES ABSOLUTOS**

Cemento.....	(m <sup>3</sup> )	0.090
Arcilla 4% sustitución por volumen de cemento.....	(m <sup>3</sup> )	0.004
Agua efectiva.....	(m <sup>3</sup> )	0.205
Agregado fino.....	(m <sup>3</sup> )	0.289
Agregado grueso.....	(m <sup>3</sup> )	0.401
Aire.....	(m <sup>3</sup> )	0.020
		<u>1.000</u> m <sup>3</sup>

**PESOS SECOS**

Cemento.....	287.719	kg/m <sup>3</sup>
Arcilla de Yacya - Huari.....	11.988	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	205.00	lt/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	761.83	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	1018.66	kg/m <sup>3</sup>

**PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD**

Cemento.....	287.719	kg/m <sup>3</sup>
Arcilla de Yacya - Huari.....	11.988	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	213.99	lt/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	766.18	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	1024.49	kg/m <sup>3</sup>

**PROPORCIONES EN PESO**

$$\frac{287.72}{287.72} : \frac{11.988}{287.72} : \frac{766.18}{287.72} : \frac{1024.49}{287.72}$$

$$1 : 0.04 : 2.66 : 3.56 \quad 31.609 \text{ lts / bolsa}$$



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES  
*Jorge Montañez Reyes*  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE



# USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**DISEÑO DE MEZCLA  
(SUSTITUCION 6% DE CEMENTO)**

SOLICITA : BACH NETO AGUIRRE HEYNER JERSON  
 TESIS : RESISTENCIA EN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 4%, 6% Y 8% POR ARCILLA ACTIVADA DE YACYA - HUARI  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA : 27/12/2016

**ESPECIFICACIONES**

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño promedio 210 kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 dias.

**MATERIALES**

**A.- Cemento :**

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso especifico ..... 3.18

**B.- Arcilla de Yacya - Huari :**

- Peso especifico ..... 3.22

**C.- Agua :**

- Potable, de la zona.

**D.-Agregado Fino :**

**CANTERA : VESIQUE**

- Peso especifico de masa 2.72
- Peso unitario suelto 1580 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1762 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.57 %
- Absorción 1.04 %
- Módulo de fineza 2.43

**E.- Agregado grueso**

**CANTERA : SORPRESA**

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 3/4"
- Peso especifico de masa 2.54
- Peso unitario suelto 1443 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1547 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.77 %
- Absorción 1.30 %





**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO**

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4"

**VOLUMEN UNITARIO DE AGUA**

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4", sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4", el volumen unitario de agua es de 205 lt/m<sup>3</sup>.

**RELACIÓN AGUA - CEMENTO**

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

**VOLUMENES ABSOLUTOS**

Cemento.....	(m <sup>3</sup> )	0.088
Arcilla 6% sustitucion por volumen de cemento.....	(m <sup>3</sup> )	0.006
Agua efectiva.....	(m <sup>3</sup> )	0.205
Agregado fino.....	(m <sup>3</sup> )	0.280
Agregado grueso.....	(m <sup>3</sup> )	0.401
Aire.....	(m <sup>3</sup> )	0.020
		<b>1.000 m<sup>3</sup></b>

**PESOS SECOS**

Cemento.....	281.725	kg/m <sup>3</sup>
Arcilla de Yacya - Huari.....	17.982	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	205.00	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	761.83	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	1016.66	kg/m <sup>3</sup>

**PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD**

Cemento.....	281.725	kg/m <sup>3</sup>
Arcilla de Yacya - Huari.....	17.982	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	213.99	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	766.18	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	1024.49	kg/m <sup>3</sup>

**PROPORCIONES EN PESO**

$$\frac{281.73}{281.73} : \frac{17.982}{281.73} : \frac{766.18}{281.73} : \frac{1024.49}{281.73}$$

$$1 : 0.06 : 2.72 : 3.64 \quad 32.281 \text{ lts / bolsa}$$



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
*Jorge Montañez Reyes*  
**Ing. Jorge Montañez Reyes**  
JEFE



# USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**DISEÑO DE MEZCLA**  
(SUSTITUCION 8% DE CEMENTO)

SOLICITA : BACH. NIETO AGUIRRE HEYNER JERSON  
 TESIS : RESISTENCIA EN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 4%, 6% Y 8% POR ARCILLA ACTIVADA DE YACYA - HUARI  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA : 27/12/2016

**ESPECIFICACIONES**

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño promedio 210 kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 días.

**MATERIALES**

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso especifico ..... 3.18

B.- Arcilla de Yacya - Huari :

- Peso especifico ..... 3.23

C.- Agua :

- Potable, de la zona.

D.-Agregado Fino :

**CANTERA : VESIQUE**

- Peso especifico de masa 2.72
- Peso unitario suelto 1580 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1762 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.57 %
- Absorción 1.04 %
- Módulo de fineza 2.43

E.- Agregado grueso

**CANTERA : SORPRESA**

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 3/4"
- Peso especifico de masa 2.54
- Peso unitario suelto 1443 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1547 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.77 %
- Absorción 1.30 %





**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO**

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4"

**VOLUMEN UNITARIO DE AGUA**

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4", sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4", el volumen unitario de agua es de 205 lt/m<sup>3</sup>.

**RELACIÓN AGUA - CEMENTO**

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

**VOLUMENES ABSOLUTOS**

Cemento.....	(m <sup>3</sup> )	0.086
Arcilla 8% sustitucion por volumen de cemento.....	(m <sup>3</sup> )	0.008
Agua efectiva.....	(m <sup>3</sup> )	0.205
Agregado fino.....	(m <sup>3</sup> )	0.280
Agregado grueso.....	(m <sup>3</sup> )	0.401
Aire.....	(m <sup>3</sup> )	0.020
		<u>1.000</u> m <sup>3</sup>

**PESOS SECOS**

Cemento.....	275.731	kg/m3
Arcilla de Yacya - Huari.....	23.376	kg/m3
Agua efectiva.....	205.00	lts/m3
Agregado fino.....	761.83	kg/m3
Agregado grueso.....	1016.66	kg/m3

**PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD**

Cemento.....	275.731	kg/m3
Arcilla de Yacya - Huari.....	23.376	kg/m3
Agua efectiva.....	213.99	lts/m3
Agregado fino.....	766.18	kg/m3
Agregado grueso.....	1024.49	kg/m3

**PROPORCIONES EN PESO**

$$\frac{275.73}{275.73} : \frac{23.376}{275.73} : \frac{766.18}{275.73} : \frac{1024.49}{275.73}$$

$$1 : 0.08 : 2.78 : 3.72 \quad 32.983 \text{ lts / bolsa}$$



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
*Jorge Montañez Reyes*  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE



# USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

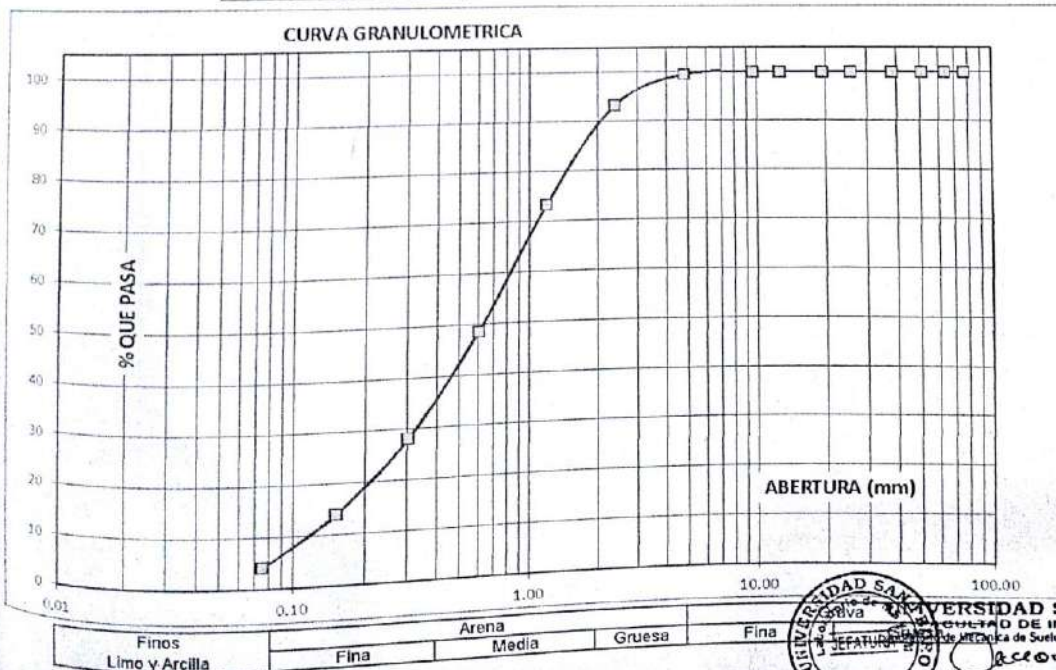
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO**  
 (ASTM C 136-06)

SOLICITA : BACH: NIETO AGUIRRE HEYNER JERSON  
 TESIS : RESISTENCIA EN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 4%, 6% Y 8% POR ARCILLA ACTIVADA DE YACYA - HUARI  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : VESIQUE  
 MATERIAL : ARENA GRUESA  
 FECHA : 27/12/2016

TAMIZ	Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
N°	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(%)
3*	76.20	0.0	0.0	100.0
2 1/2*	63.50	0.0	0.0	100.0
2*	50.80	0.0	0.0	100.0
1 1/2*	38.10	0.0	0.0	100.0
1*	25.40	0.0	0.0	100.0
3/4*	19.10	0.0	0.0	100.0
1/2*	12.50	0.0	0.0	100.0
3/8*	9.52	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.76	3.7	0.4	99.6
N° 8	2.36	54.1	6.3	93.3
N° 16	1.18	171.7	20.0	73.3
N° 30	0.60	212.5	24.7	48.5
N° 50	0.30	174.4	20.3	28.2
N° 100	0.15	121.0	14.1	14.1
N° 200	0.08	84.5	9.8	4.3
PLATO	ASTM C-117-04	36.8	4.3	100.0
TOTAL		858.7	100.0	

PROPIEDADES FÍSICAS	
Módulo de Fineza	2.43

OBSERVACIONES  
 La Muestra tomada identificada por el solicitante.



Finos Limo y Arcilla      Arena Fina      Arena Media      Arena Gruesa      Arena Fina

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CHIMBOTE  
 Jorge Montañez Reyes  
 JEFE



# USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

## ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

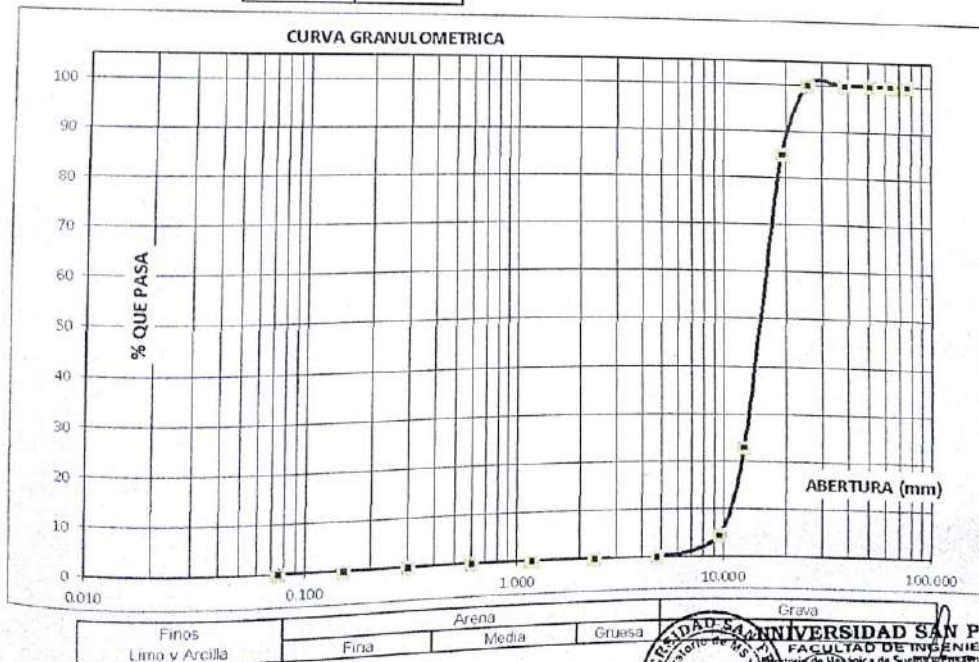
### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO (ASTM C 136-05)

SOLICITA : BACH NIETO AGUIRRE HEYNER JERSON  
 TESIS : RESISTENCIA EN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 4%, 6% Y 8% POR ARCILLA ACTIVADA DE YACYA - HUARI  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : LA SORPRESA  
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
 FECHA : 27/12/2016

Nº	TAMIZ Abert (mm)	Peso retenido (gr.)	% ret. Parcial (%)	% ret. Acumu. (%)	% Que pasa (gr.)
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.100	310.2	15.0	15.0	85.0
1/2"	12.500	1282.4	62.0	77.0	23.0
3/8"	9.520	381.7	18.4	95.4	4.6
Nº 4	4.760	94.1	4.5	99.9	0.1
Nº 8	2.360	0.0	0.0	99.9	0.1
Nº 16	1.180	0.0	0.0	99.9	0.1
Nº 30	0.600	0.0	0.0	99.9	0.1
Nº 50	0.300	0.0	0.0	99.9	0.1
Nº 100	0.150	0.0	0.0	100.0	0.0
Nº 200	0.075	0.0	0.0	100.0	0.0
PLATO	ASTM C-117-04	1	0.0	100.0	0.0
TOTAL		<b>2069.5</b>	<b>100.0</b>		

PROPIEDADES FÍSICAS	
Tamaño Máximo Nominal	3/4"
Huso	Nº 67 Ref. (ASTM C-33)

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.



Finos Limo y Arcilla	Arena		Grava
	Fina	Media	Gruesa

**Ing. Jorge Montañez Reyes**  
 JEFE



# USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO  
 (ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH. NIETO AGUIRRE HEYNER JERSON  
 TESIS : RESISTENCIA EN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 4%, 6% Y 8% POR ARCILLA ACTIVADA DE YACYA - HUARI  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : LA SORPRESA  
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
 FECHA : 27/12/2016

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1118.6	1049.7
TARA + SUELO SECO (gr)	1111.8	1042.8
PESO DEL AGUA (gr)	6.8	6.9
PESO DE LA TARA (gr)	208.1	166.8
PESO DEL SUELO SECO (gr)	903.7	876
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.75	0.79
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.77	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

*Jorge Montañez Reyes*  
 Ing. Jorge Montañez Reyes  
 JEFE



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO

(ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH: NIETO AGUIRRE HEYNER JERSON  
TESIS : RESISTENCIA EN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 4%, 6% Y 8% POR ARCILLA ACTIVADA  
DE YACYA - HUARI  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
CANTERA : VESIQUE  
MATERIAL : ARENA GRUESA  
FECHA : 27/12/2016

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1049.1	1188.1
TARA + SUELO SECO (gr)	1044.4	1182.4
PESO DEL AGUA (gr)	4.7	5.7
PESO DE LA TARA (gr)	203	205.1
PESO DEL SUELO SECO (gr)	841.4	977.3
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.56	0.58
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.57	



# USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO FINO (Según norma ASTM C-127)

SOLICITA : BACH: NIETO AGUIRRE HEYNER JERSON  
 TESIS : RESISTENCIA EN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 4%, 6% Y 8% POR ARCILLA ACTIVADA DE YACYA - HUARI  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 CANTERA : VESIQUE  
 MATERIAL : ARENA GRUESA  
 FECHA : 27/12/2016

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	gr.	300.00
B	Peso de picnometro + agua	gr.	688.00
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A+B)	cm <sup>3</sup>	960.90
D	Peso de picnometro + agua + material	gr.	878.60
E	Volumen de masa + volumen de vacios (C-D)	cm <sup>3</sup>	109.20
F	Peso de material seco en estufa	gr.	296.90
G	Volumen de masa ( E-(A-F))		106.10
H	P.e. Bulk (Base Seca)	F/E	2.719
I	P.e. Bulk (Base Saturada)	A/E	2.747
J	P.e. Aparente (Base Seca)	F/E	2.798
K	Absorción (%) ((D-A/A)x100)		1.04

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.719  
 P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.747  
 P.e. Aparente (Base Seca) : 2.798  
 Absorción (%) : 1.04



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
 Ing. Jorge Montañez Reyes  
 JEFE



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO**

SOLICITA : BACH. NIETO AGUIRRE HEYNER JERSON  
TESIS : RESISTENCIA EN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 4%, 6% Y 8% POR ARCILLA ACTIVADA DE YACYA - HUARI  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
CANTERA : VESIQUE  
MATERIAL : ARENA GRUESA  
FECHA : 27/12/2016

**PESO UNITARIO SUELTO**

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	7766	7764	7750
Peso de molde	3330	3330	3330
Peso de muestra	4436	4434	4420
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1591	1590	1585
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m<sup>3</sup> )</b>	1589		
<b>CORREGIDO POR HUMEDAD</b>	1590		

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	8252	8266	8296
Peso de molde	3330	3330	3330
Peso de muestra	4922	4936	4966
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1765	1770	1781
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m<sup>3</sup> )</b>	1772		
<b>CORREGIDO POR HUMEDAD</b>	1762		



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO GRUESO  
(Según norma ASTM C-127)**

SOLICITA : BACH NIETO AGUIRRE HEYNER JERSON  
 TESIS : RESISTENCIA EN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 4%, 6% Y 8% POR ARCILLA ACTIVADA DE YACYA - HUARI  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : LA SORPRESA  
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
 FECHA : 27/12/2016

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	641.00	690.20
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	411.80	445.10
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A-B)	256.40	261.30
D	Peso de material seco en estufa	631.80	682.40
E	Volumen de masa (C-(A-D))	247.20	253.50
G	P.e. Bulk (Base Seca) D/C	2.464	2.612
H	P.e. Bulk (Base Saturada) A/C	2.500	2.641
I	P.e. Aparente (Base Seca) D/E	2.556	2.692
F	Absorción (%) ((D-A/A)x100)	1.46	1.14

P.e. Bulk (Base Seca) 2.538  
 P.e. Bulk (Base Saturada) 2.571  
 P.e. Aparente (Base Seca) 2.624  
 Absorción (%) 1.30



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
 ing. Jorge Montañez Reyes  
 JEFE



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO**

SOLICITA : BACH. NIETO AGUIRRE HEYNER JERSON  
TESIS : RESISTENCIA EN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 4%, 6% Y 8% POR ARCILLA ACTIVADA  
DE YACYA - HUARI  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
CANTERA : LA SORPRESA  
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
FECHA : 27/12/2016

**PESO UNITARIO SUELTO**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	18750	18750	18650
Peso de molde	5105	5105	5105
Peso de muestra	13645	13645	13545
Volumen de molde	9360	9360	9360
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1458	1458	1447
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m<sup>3</sup> )</b>	1454		
<b>CORREGIDO POR HUMEDAD</b>	<b>1443</b>		

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

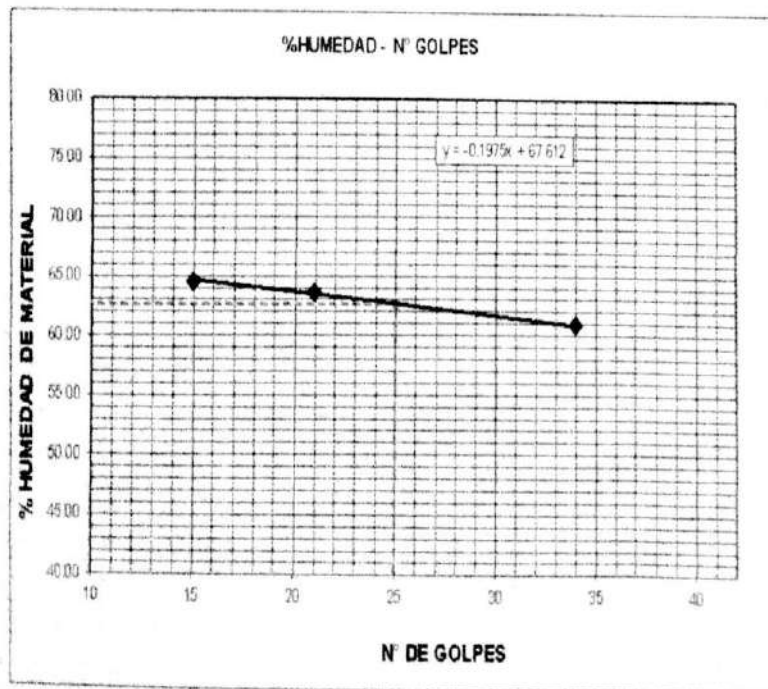
Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	19700	19600	19500
Peso de molde	5105	5105	5105
Peso de muestra	14595	14495	14395
Volumen de molde	9360	9360	9360
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1559	1549	1570
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m<sup>3</sup> )</b>	1559		
<b>CORREGIDO POR HUMEDAD</b>	<b>1547</b>		

## LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO

(MTC E-110,E-111,ASTM D-4318 y MTC E-110, AASHTO T89, T90)

SOLICITA : BACH NIETO AGUIRRE HEYNER JERSON  
 TESIS : RESISTENCIA EN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 4%, 6% Y 8% POR ARCILLA ACTIVADA  
 DE YACYA - HUARI  
 LUGAR : DE YACYA - HUARI  
 MATERIAL : ARCILLA  
 FECHA : 27/12/2016  
 PROF(m) : 1.50

Nro. DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	1	2	3
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	43.37	53.9	56.02	24.37	24.37	24.37
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	33.65	41.36	42.81	23.62	23.62	23.62
PESO DE LA TARA (gr.)	18.59	21.65	21.1	21.1	21.1	21.1
PESO DEL AGUA (gr.)	9.72	12.54	13.21	0.75	0.75	0.75
PESO SUELO SECO (gr.)	15.06	19.71	21.71	2.52	2.52	2.52
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	64.5	63.6	60.8	29.8	29.8	29.8
Nro. DE GOLPES	15	21	34	29.76		



LIMITE LIQUIDO	
(MTC E-110,ASTM D-4318 y AASHTO T89)	
LL : %	62.67

LIMITE PLASTICO	
(MTC E-111,ASTM D-4318 y AASHTO T90)	
LP : %	29.76

INDICE DE PLASTICIDAD	
ASTM D-438	
IP : %	32.91



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

### RESISTENCIA A LA ABRASION (MAQUINA DE LOS ANGELES)

SOLICITA : BACH NIETO AGUIRRE HEYNER JERSON  
TESIS : RESISTENCIA EN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 4%, 6% Y 8% POR ARCILLA ACTIVADA DE YACYA - HUARI  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
CANTERA : LA SORPRESA  
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
FECHA : 27/12/2016

Peso de la muestra (gr.)	:	5000
Método	:	B
Número de esferas	:	11
Número de revoluciones	:	500
Desgaste (%)	:	9.94

ESPECIFICACIONES: El ensayo responde a la norma de diseño ASTM C - 131.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
*Jorge Montañez Reyes*  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE



# USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION PATRON

SOLICITA : BACH: NIETO AGUIRRE HEYNER JERSON  
 TESIS : RESISTENCIA EN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 4%, 6% Y 8% POR ARCILLA ACTIVADA DE YACYA - HUARI  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 FECHA : 27/12/2016

F' C : 210 Kg/cm<sup>2</sup>

N°	TESTIGO	SGOMP (%)	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/Cm <sup>2</sup>	FC/FC' (%)
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
01	PATRON	-	14/10/2016	21/10/2016	7	157.78	75.13
02	PATRON	-	14/10/2016	21/10/2016	7	147.70	70.33
03	PATRON	-	14/10/2016	21/10/2016	7	152.95	72.83
04	PATRON	-	14/10/2016	28/10/2016	14	167.64	79.83
05	PATRON	-	14/10/2016	28/10/2016	14	173.02	82.39
06	PATRON	-	14/10/2016	28/10/2016	14	186.71	89.86
07	PATRON	-	14/10/2016	11/11/2016	28	221.76	105.60
08	PATRON	-	14/10/2016	11/11/2016	28	225.73	107.49
09	PATRON	-	14/10/2016	11/11/2016	28	210.85	100.41

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
 Ing. Jorge Montañez Reyes  
 JEFE



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION EXPERIMENTAL 4 %**

SOLICITA : BACH: NIETO AGUIRRE HEYNER JERSON  
TESIS : RESISTENCIA EN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 4%, 6% Y 8% POR ARCILLA ACTIVADA  
DE YACYA - HUARI  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
FECHA : 27/12/2016

F' C : 210 Kg/cm<sup>2</sup>

N°	TESTIGO	SEUMD (")	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/Cm <sup>2</sup>	FCf/C (%)
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
01	EXPERIMENTAL	-	16/11/2016	23/11/2016	7	161.66	76.98
02	EXPERIMENTAL	-	16/11/2016	23/11/2016	7	172.44	82.11
03	EXPERIMENTAL	-	16/11/2016	23/11/2016	7	161.07	76.70
04	EXPERIMENTAL	-	16/11/2016	30/11/2016	14	192.06	91.46
05	EXPERIMENTAL	-	16/11/2016	30/11/2016	14	188.05	89.55
06	EXPERIMENTAL	-	16/11/2016	30/11/2016	14	197.15	93.88
07	EXPERIMENTAL	-	16/11/2016	14/12/2016	28	227.91	108.53
08	EXPERIMENTAL	-	16/11/2016	14/12/2016	28	221.27	105.37
09	EXPERIMENTAL	-	16/11/2016	14/12/2016	28	228.18	108.66

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION EXPERIMENTAL 6 %**

SOLICITA : BACH: NIETO AGUIRRE HEYNER JERSON  
 TESIS : RESISTENCIA EN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 4%, 6% Y 8% POR ARCILLA ACTIVADA DE YACYA - HUARI  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 FECHA : 27/12/2016

F' C : 210 Kg/cm2

Nº	TESTIGO	SEMP	FECHA		EDAD	FC	FC/FC
	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/Cm2	(%)
01	EXPERIMENTAL	-	17/11/2016	24/11/2016	7	167.80	79.91
02	EXPERIMENTAL	-	17/11/2016	24/11/2016	7	170.87	81.37
03	EXPERIMENTAL	-	17/11/2016	24/11/2016	7	185.55	88.36
04	EXPERIMENTAL	-	17/11/2016	01/12/2016	14	190.62	90.77
05	EXPERIMENTAL	-	17/11/2016	01/12/2016	14	186.73	88.92
06	EXPERIMENTAL	-	17/11/2016	01/12/2016	14	204.24	97.26
07	EXPERIMENTAL	-	17/11/2016	15/12/2016	28	233.88	111.37
08	EXPERIMENTAL	-	17/11/2016	15/12/2016	28	244.71	116.53
09	EXPERIMENTAL	-	17/11/2016	15/12/2016	28	236.24	112.50

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
 Ing. Jorge Montañez Reyes  
 JEFE



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION EXPERIMENTAL 8 %**

SOLICITA : BACH: NIETO AGUIRRE HEYNER JERSON  
TESIS : RESISTENCIA EN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 4%, 6% Y 8% POR ARCILLA ACTIVADA  
DE YACYA - HUARI  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
FECHA : 27/12/2016

F' C : 210 Kg/cm<sup>2</sup>

N°	TESTIGO	SLUMP (")	FECHA		EDAD	FC	FC/FC
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/Cm <sup>2</sup>	(%)
01	EXPERIMENTAL	-	18/11/2016	25/11/2016	7	179.43	85.44
02	EXPERIMENTAL	-	18/11/2016	25/11/2016	7	175.25	83.45
03	EXPERIMENTAL	-	18/11/2016	25/11/2016	7	193.48	92.14
04	EXPERIMENTAL	-	18/11/2016	02/12/2016	14	206.84	98.49
05	EXPERIMENTAL	-	18/11/2016	02/12/2016	14	218.27	103.94
06	EXPERIMENTAL	-	18/11/2016	02/12/2016	14	217.86	103.74
07	EXPERIMENTAL	-	18/11/2016	16/12/2016	28	255.13	121.49
08	EXPERIMENTAL	-	18/11/2016	16/12/2016	28	245.03	116.68
09	EXPERIMENTAL	-	18/11/2016	16/12/2016	28	244.84	116.59

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.

## ANEXO N°07

### PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO Y LA ARCILLA



**EL PESO ESPECIFICO OSCILA ENTRE 2.9 Y 3.20  $gr/cm^3$**

- ❖ **CEMENTO: 64 gr ----- 20.1**  
**Peso Específico =  $64/20.1 = 3.18 \text{ gr/cm}^3$**
- ❖ **ARCILLA 4 %: 64 gr ----- 20.0**  
**Peso Específico =  $64/20.0 = 3.21 \text{ gr/cm}^3$**
- ❖ **ARCILLA 6 %: 64 gr ----- 19.9**  
**Peso Específico =  $64/19.9 = 3.22 \text{ gr/cm}^3$**
- ❖ **ARCILLA 8 %: 64 gr ----- 19.8**  
**Peso Específico =  $64/19.8 = 3.23 \text{ gr/cm}^3$**

El peso específico del cemento varia u oscila entre (2.9 y 3.15  $gr/cm^3$ ). La limitación establecida por algunas normas (igual o superior a 3) se cumple prácticamente siempre. La determinación del peso específico del cemento portland consiste en establecer relación entre una masa de cemento (gr) y el volumen (ml) de líquido que esta masa desplaza en la matraz de Le Chartelier. La relación por la que el peso específico de la mezcla del cemento con la arcilla es mayor es por el tipo de sus propiedades coloidales, por su consistencia de minerales arcillosos ya que son muy plásticas. Las temperaturas a las que son expuestos en este ensayo son muy elevadas, ya que sufren cambios en su volumen, es decir si se aumenta la temperatura el vidrio tiende a dilatar, incrementando su volumen y cuando disminuye, su volumen también disminuye, por esta razón el peso específico suele ser mayor.

## ELABORACION DE LAS PROBETAS PATRON



*En la prueba del slump mediante el cono de abrahms sacamos que el asentamiento era de 3.2 pulgadas y entonces podemos ver que esta entre el rango de 3 a 4 que nos indica la norma NTC-396*





SE BASEARAN EN LAS PROBETAS EL CONCRETO REPARTIENDO EN 3 PARTES Y DESPUES SE GOLPERAN 25 GOLPES.



SE GOLPEARA CON UN MASO DE HULE HORIZONTALMENTE HASTA QUE LOS VACIOS DE AIRE DESAPAREZAN EN LA MEZCLA.

```

Sample Failed
Sample Peak Load 28180
Sample Stress 1282
Pace Rate 50
Sample Density 0.000
    
```

```

Sample Failed
Sample Peak Load 26170
Sample Stress 1333
Pace Rate 50
Sample Density 0.000
    
```

```

Sample Failed
Sample Peak Load 27390
Sample Stress 1395
Pace Rate 50
Sample Density 0.000
    
```



<b>7 DIAS</b>	<b>PROBETA 1</b>	<b>PROBETA 2</b>	<b>PROBETA 3</b>
<b>PESO DESENCOFRADO (Kg)</b>	13.202	13.205	13.213
<b>PROMEDIO PESO (Kg)</b>	<b>13.207</b>		
<b>PESO CURADO (Kg)</b>	13.244	13.246	13.275
<b>PROMEDIO PESO (Kg)</b>	<b>13.255</b>		
<b>DIAMTERO (cm)</b>	(15.11, 15.06, 15.09)	(15.00, 15.04, 15.03)	(15.10, 15.07, 15.13)
<b>PROMEDRIO DIAMETRO (cm)</b>	<b>15.08</b>	<b>15.02</b>	<b>15.10</b>
<b>AREA (cm2)</b>	178.60	177.19	179.08
<b>FUERZA (kgF)</b>	<b>28180</b>	<b>26170</b>	<b>27390</b>
<b>RESISTENCIA (Kg/cm2)</b>	157.78	147.70	168.56
<b>PROMEDIO (Kg/cm2)</b>	<b>152.81</b>		
<b>PORCENTAJE</b>	75.13	70.33	72.83
<b>PROMEDIO %</b>	<b>72.77 %</b>		



<b>14 DIAS</b>	<b>PROBETA 4</b>	<b>PROBETA 5</b>	<b>PROBETA 6</b>
<b>PESO DESENCOFRADO (Kg)</b>	13.316	13.219	13.239
<b>PROMEDIO PESO (Kg)</b>	<b>13.258</b>		
<b>PESO CURADO (Kg)</b>	13.386	13.283	13.312
<b>PROMEDIO PESO (Kg)</b>	<b>13.327</b>		
<b>DIAMTERO (cm)</b>	(15.18, 15.12, 15.10)	(15.02, 15.07, 15.05)	(15.14, 15.07, 15.09)
<b>PROMEDRIO DIAMETRO (cm)</b>	<b>15.13</b>	<b>15.05</b>	<b>15.09</b>
<b>AREA (cm2)</b>	<b>179.79</b>	<b>177.90</b>	<b>178.84</b>
<b>FUERZA (kgF)</b>	<b>30140</b>	<b>30780</b>	<b>33750</b>
<b>RESISTENCIA (Kg/cm2)</b>	167.64	173.02	188.71
<b>PROMEDIO (Kg/cm2)</b>	<b>176.46</b>		
<b>PORCENTAJE</b>	79.83	82.39	89.86
<b>PROMEDIO %</b>	<b>84.03 %</b>		

<b>28 DIAS</b>	<b>PROBETA 7</b>	<b>PROBETA 8</b>	<b>PROBETA 9</b>
<b>PESO DESENCOFRADO (Kg)</b>	<b>13264</b>	<b>13308</b>	<b>13321</b>
<b>PROMEDIO PESO (Kg)</b>	<b>13.297</b>		
<b>PESO CURADO (Kg)</b>	<b>13369</b>	<b>13403</b>	<b>13423</b>
<b>PROMEDIO PESO (Kg)</b>	<b>13.398</b>		
<b>DIAMTERO (cm)</b>	(15.03, 15.05, 15.08)	(15.00, 14.99, 15.01)	(15.00, 15.06, 15.05)
<b>PROMEDRIO DIAMETRO (cm)</b>	<b>15.05</b>	<b>15.00</b>	<b>15.03</b>
<b>AREA (cm2)</b>	<b>177.90</b>	<b>176.72</b>	<b>177.42</b>
<b>FUERZA (kgF)</b>	<b>39450</b>	<b>39890</b>	<b>37410</b>
<b>RESISTENCIA (Kg/cm2)</b>	221.76	225.73	210.85
<b>PROMEDIO (Kg/cm2)</b>	<b>219.45</b>		
<b>PORCENTAJE</b>	105.60	107.49	100.41
<b>PROMEDIO %</b>	<b>104.49 %</b>		

Sample failed  
Sample Peak Load 38148  
Sample Stress 1535  
Pace Rate 50  
Sample Density 0.000

Sample failed  
Sample Peak Load 38720  
Sample Stress 1567  
Pace Rate 50  
Sample Density 0.000

Sample failed  
Sample Peak Load 33750  
Sample Stress 1719  
Pace Rate 50  
Sample Density 0.000

Sample failed  
Sample Peak Load 39450  
Sample Stress 2009  
Pace Rate 50  
Sample Density 0.000

Sample failed  
Sample Peak Load 39890  
Sample Stress 2032  
Pace Rate 50  
Sample Density 0.000

Sample failed  
Sample Peak Load 37410  
Sample Stress 1905  
Pace Rate 50  
Sample Density 0.000



Podemos observar el tipo de falla en las probetas en cónica, lo cual es típica en las probetas, se originan por una mala y deficiente compactación del concreto, generalmente causada por falta de adherencia en el varillado de una capa de la otra. Otro factor importante sería el tiempo de mezclado de los materiales y el tiempo de secado al sol de las probetas.

<b>7 DIAS (4%)</b>	<b>PROBETA 1</b>	<b>PROBETA 2</b>	<b>PROBETA 3</b>
<b>PESO DESENCOFRADO (Kg)</b>	<b>13258</b>	<b>13212</b>	<b>13245</b>
PROMEDIO PESO (Kg)	<b>13.238</b>		
<b>PESO CURADO (Kg)</b>	<b>13287</b>	<b>13280</b>	<b>13280</b>
PROMEDIO PESO (Kg)	<b>13.847</b>		
<b>DIAMTERO (cm)</b>	(15.04, 15.00, 15.09)	(15.06, 15.008, 15.15)	(15.14, 15.07, 15.09)
<b>PROMEDRIO DIAMETRO (cm)</b>	<b>15.04</b>	<b>15.10</b>	<b>15.07</b>
<b>AREA (cm2)</b>	<b>177.66</b>	<b>179.08</b>	<b>178.37</b>
<b>FUERZA (kgF)</b>	<b>28720</b>	<b>30880</b>	<b>28730</b>
<b>RESISTENCIA (Kg/cm2)</b>	161.66	172.44	161.07
<b>PROMEDIO (Kg/cm2)</b>	<b>165.06</b>		
<b>PORCENTAJE</b>	76.98	82.11	76.70
<b>PROMEDIO %</b>	<b>78.60 %</b>		

<b>14 DIAS (4%)</b>	<b>PROBETA 4</b>	<b>PROBETA 5</b>	<b>PROBETA 6</b>
<b>PESO DESENCOFRADO (Kg)</b>	<b>13190</b>	<b>13198</b>	<b>13209</b>
PROMEDIO PESO (Kg)	<b>13.199</b>		
<b>PESO CURADO (Kg)</b>	<b>13234</b>	<b>13289</b>	<b>13302</b>
PROMEDIO PESO (Kg)	<b>13.375</b>		
<b>DIAMTERO (cm)</b>	(15.00, 15.02, 15.00)	(15.07, 15.09, 15.18)	(15.14, 15.20, 15.12)
<b>PROMEDRIO DIAMETRO (cm)</b>	<b>15.00</b>	<b>15.13</b>	<b>15.15</b>
<b>AREA (cm2)</b>	<b>176.72</b>	<b>179.79</b>	<b>180.27</b>
<b>FUERZA (kgF)</b>	<b>33940</b>	<b>33810</b>	<b>35540</b>
<b>RESISTENCIA (Kg/cm2)</b>	192.06	188.05	197.15
<b>PROMEDIO (Kg/cm2)</b>	<b>192.42</b>		
<b>PORCENTAJE</b>	91.46	89.55	93.88
<b>PROMEDIO %</b>	<b>91.63 %</b>		

<b>28 DIAS (4%)</b>	<b>PROBETA 7</b>	<b>PROBETA 8</b>	<b>PROBETA 9</b>
<b>PESO DESENCOFRADO (Kg)</b>	<b>13192</b>	<b>13305</b>	<b>13344</b>
PROMEDIO PESO (Kg)	<b>13.280</b>		
<b>PESO CURADO (Kg)</b>	<b>13414</b>	<b>13413</b>	<b>13453</b>
PROMEDIO PESO (Kg)	<b>13.426</b>		
<b>DIAMTERO (cm)</b>	(15.03, 15.00, 15.08)	(15.13, 15.07, 15.05)	(15.14, 15.07, 15.09)
<b>PROMEDRIO DIAMETRO (cm)</b>	<b>15.04</b>	<b>15.08</b>	<b>15.07</b>
<b>AREA (cm2)</b>	<b>177.66</b>	<b>178.60</b>	<b>178.37</b>
<b>FUERZA (kgF)</b>	<b>40490</b>	<b>39520</b>	<b>40700</b>
<b>RESISTENCIA (Kg/cm2)</b>	227.91	221.27	228.18
<b>PROMEDIO (Kg/cm2)</b>	<b>225.79</b>		
<b>PORCENTAJE</b>	108.53	105.37	108.66
<b>PROMEDIO %</b>	<b>107.52 %</b>		

Sample Failed

Sample Peak Load	28726
Sample Stress	1463
Peak Rate	50
Sample Density	0.000

Sample Failed

Sample Peak Load	30980
Sample Stress	174.7
Peak Rate	50
Sample Density	0.000

Sample Failed

Sample Peak Load	28730
Sample Stress	1463
Peak Rate	50
Sample Density	0.000



Sample Failed

Sample Peak Load	40490
Sample Stress	2062
Peak Rate	50
Sample Density	0.000

Sample Failed

Sample Peak Load	40700
Sample Stress	2073
Peak Rate	50
Sample Density	0.000

Sample Failed

Sample Peak Load	39520
Sample Stress	223.7
Peak Rate	530
Sample Density	0.000



El tipo de falla que se presenta en estas probetas de cóncava en una de las caras, el factor sería mucho tiempo de secado al sol, ya que lo normal es de 5 a 6 horas en temperatura ambiente.

<b>7 DIAS (6%)</b>	<b>PROBETA 1</b>	<b>PROBETA 2</b>	<b>PROBETA 3</b>
<b>PESO DESENCOFRADO (Kg)</b>	13146	13176	13167
PROMEDIO PESO (Kg)	13.163		
<b>PESO CURADO (Kg)</b>	13186	13244	13202
PROMEDIO PESO (Kg)	13.211		
<b>DIAMTERO (cm)</b>	(15.15, 15.12, 15.08)	(15.16, 15.07, 15.05)	(15.00, 15.03, 15.07)
<b>PROMEDRIO DIAMETRO (cm)</b>	15.11	15.10	15.03
<b>AREA (cm<sup>2</sup>)</b>	179.32	179.08	177.42
<b>FUERZA (kgF)</b>	30090	30600	32920
<b>RESISTENCIA (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	167.80	170.87	185.55
<b>PROMEDIO (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	174.74		
<b>PORCENTAJE</b>	79.91	81.37	88.36
<b>PROMEDIO %</b>	83.21 %		

<b>14 DIAS (6%)</b>	<b>PROBETA 4</b>	<b>PROBETA 5</b>	<b>PROBETA 6</b>
<b>PESO DESENCOFRADO (Kg)</b>	13173	13184	13205
PROMEDIO PESO (Kg)	13.187		
<b>PESO CURADO (Kg)</b>	13278	13217	13262
PROMEDIO PESO (Kg)	13.252		
<b>DIAMTERO (cm)</b>	(15.12, 15.05, 15.08)	(15.00, 15.07, 15.05)	(15.20, 15.09, 15.17)
<b>PROMEDRIO DIAMETRO (cm)</b>	15.07	15.03	15.14
<b>AREA (cm<sup>2</sup>)</b>	178.37	177.42	180.03
<b>FUERZA (kgF)</b>	34000	33130	36770
<b>RESISTENCIA (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	190.62	186.73	204.24
<b>PROMEDIO (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	193.86		
<b>PORCENTAJE</b>	90.77	88.92	97.26
<b>PROMEDIO %</b>	92.32%		

<b>28 DIAS (6%)</b>	<b>PROBETA 7</b>	<b>PROBETA 8</b>	<b>PROBETA 9</b>
<b>PESO DESENCOFRADO (Kg)</b>	13227	13270	13295
PROMEDIO PESO (Kg)	13.264		
<b>PESO CURADO (Kg)</b>	13373	13319	13323
PROMEDIO PESO (Kg)	13.338		
<b>DIAMTERO (cm)</b>	(15.00, 14.98, 15.03)	(15.00, 15.07, 15.09)	(15.15, 15.09, 15.05)
<b>PROMEDRIO DIAMETRO (cm)</b>	15.00	15.06	15.09
<b>AREA (cm<sup>2</sup>)</b>	176.72	178.13	178.84
<b>FUERZA (kgF)</b>	41330	43590	42250
<b>RESISTENCIA (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	233.88	244.71	236.24
<b>PROMEDIO (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	238.28		
<b>PORCENTAJE</b>	111.37	116.53	112.50
<b>PROMEDIO %</b>	113.46 %		

<b>7 DIAS (8%)</b>	<b>PROBETA 1</b>	<b>PROBETA 2</b>	<b>PROBETA 3</b>
<b>PESO DESENCOFRADO (Kg)</b>	<b>13184</b>	<b>13200</b>	<b>13210</b>
<b>PROMEDIO PESO (Kg)</b>	<b>13.198</b>		
<b>PESO CURADO (Kg)</b>	<b>13235</b>	<b>13284</b>	<b>13278</b>
<b>PROMEDIO PESO (Kg)</b>	<b>13.265</b>		
<b>DIAMTERO (cm)</b>	(15.15, 15.12, 15.08)	(15.16, 15.07, 15.05)	(15.00, 15.03, 15.07)
<b>PROMEDRIO DIAMETRO (cm)</b>	<b>15.13</b>	<b>15.00</b>	<b>15.05</b>
<b>AREA (cm2)</b>	<b>179.79</b>	<b>176.72</b>	<b>177.90</b>
<b>FUERZA (kgF)</b>	<b>32260</b>	<b>30970</b>	<b>34420</b>
<b>RESISTENCIA (Kg/cm2)</b>	179.43	175.25	193.48
<b>PROMEDIO (Kg/cm2)</b>	<b>182.72</b>		
<b>PORCENTAJE</b>	85.44	83.45	92.14
<b>PROMEDIO %</b>	<b>87.01 %</b>		

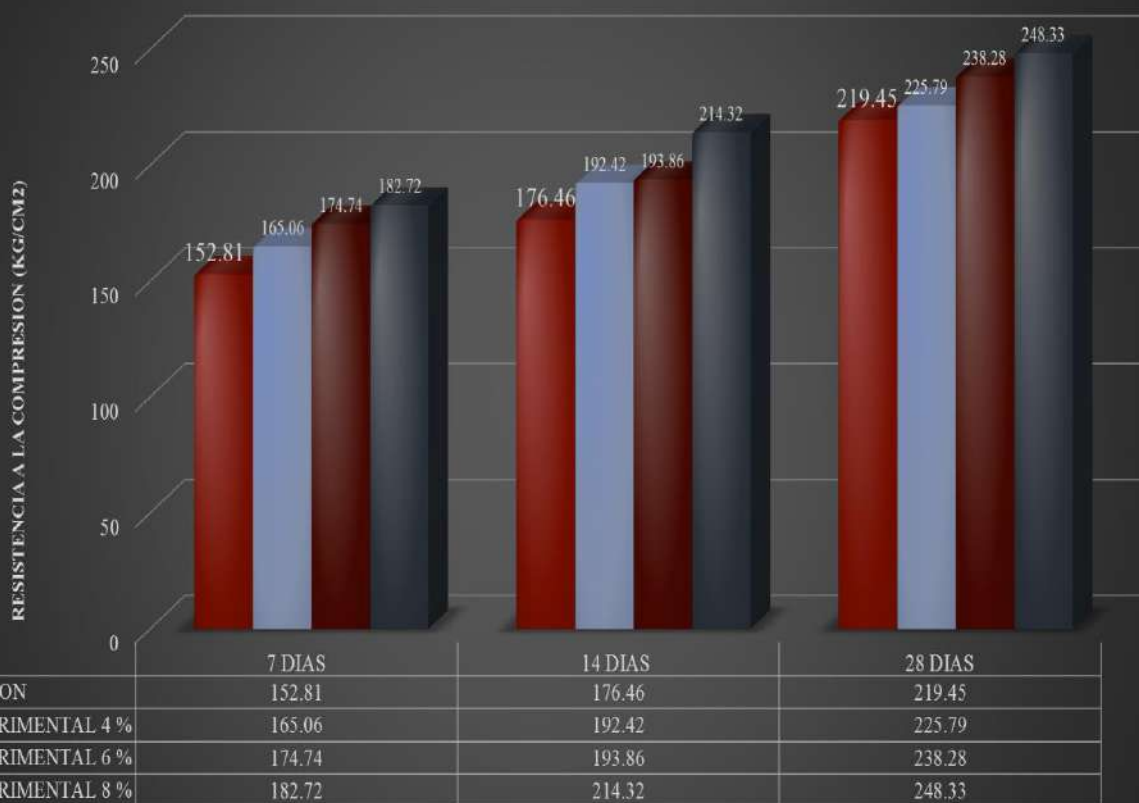
<b>14 DIAS (8%)</b>	<b>PROBETA 4</b>	<b>PROBETA 5</b>	<b>PROBETA 6</b>
<b>PESO DESENCOFRADO (Kg)</b>	<b>13235</b>	<b>13248</b>	<b>13260</b>
<b>PROMEDIO PESO (Kg)</b>	<b>13.247</b>		
<b>PESO CURADO (Kg)</b>	<b>13338</b>	<b>13355</b>	<b>13343</b>
<b>PROMEDIO PESO (Kg)</b>	<b>13.348</b>		
<b>DIAMTERO (cm)</b>	(15.12, 15.09, 15.08)	(15.003, 15.07, 15.05)	(15.15, 15.005, 15.07)
<b>PROMEDRIO DIAMETRO (cm)</b>	<b>15.10</b>	<b>15.05</b>	<b>15.08</b>
<b>AREA (cm2)</b>	<b>179.08</b>	<b>177.90</b>	<b>178.60</b>
<b>FUERZA (kgF)</b>	<b>37040</b>	<b>38830</b>	<b>38910</b>
<b>RESISTENCIA (Kg/cm2)</b>	206.84	218.27	217.86
<b>PROMEDIO (Kg/cm2)</b>	<b>214.32</b>		
<b>PORCENTAJE</b>	98.49	103.94	103.74
<b>PROMEDIO %</b>	<b>102.06 %</b>		

<b>28 DIAS (8%)</b>	<b>PROBETA 7</b>	<b>PROBETA 8</b>	<b>PROBETA 9</b>
<b>PESO DESENCOFRADO (Kg)</b>	<b>13288</b>	<b>13319</b>	<b>13266</b>
<b>PROMEDIO PESO (Kg)</b>	<b>13.291</b>		
<b>PESO CURADO (Kg)</b>	<b>13339</b>	<b>13361</b>	<b>13319</b>
<b>PROMEDIO PESO (Kg)</b>	<b>13.339</b>		
<b>DIAMTERO (cm)</b>	(15.09, 15.18, 15.05)	(15.00, 15.07, 15.09)	(15.13, 15.09, 15.05)
<b>PROMEDRIO DIAMETRO (cm)</b>	<b>15.13</b>	<b>15.05</b>	<b>15.08</b>
<b>AREA (cm2)</b>	<b>179.79</b>	<b>177.90</b>	<b>178.60</b>
<b>FUERZA (kgF)</b>	<b>45870</b>	<b>43590</b>	<b>43730</b>
<b>RESISTENCIA (Kg/cm2)</b>	255.13	245.03	244.84
<b>PROMEDIO (Kg/cm2)</b>	<b>248.33</b>		
<b>PORCENTAJE</b>	121.49	116.68	116.59
<b>PROMEDIO %</b>	<b>118.25 %</b>		

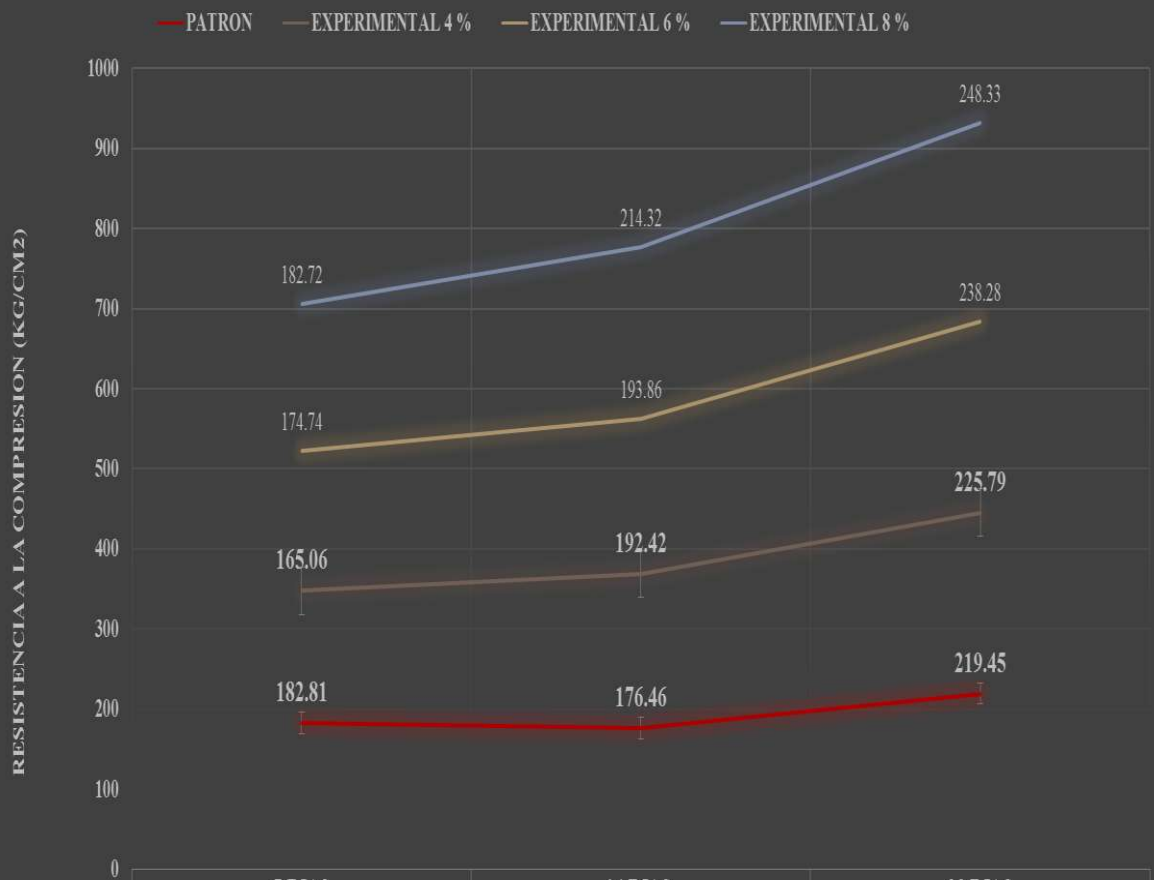
## CUADRO RESUMEN (Kg/cm<sup>2</sup>)

<b>DIAS</b>	<b>RESISTENCIA PATRON (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>RESISTENCIA EXPERIMENTAL 4 % (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>RESISTENCIA EXPERIMENTAL 6 % (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>RESISTENCIA EXPERIMENTAL 8 % (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>7</b>	152.81	165.06	174.74	182.72
<b>14</b>	176.46	192.42	193.86	214.32
<b>28</b>	219.45	225.79	238.28	248.33

### PROMEDIO DE LAS MUESTRAS PATRON Y EXPERIMENTAL



## PROMEDIO DE LAS MUESTRAS PATRON Y EXPERIMENTAL



	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
— EXPERIMENTAL 8 %	182.72	214.32	248.33
— EXPERIMENTAL 6 %	174.74	193.86	238.28
— EXPERIMENTAL 4 %	165.06	192.42	225.79
— PATRON	182.81	176.46	219.45