

# **UNIVERSIDAD SAN PEDRO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



“Resistencia de una pasta cementante sustituyendo en 5% por polvo de almeja (semele sp) y 15% por ceniza de cola de caballo”

**Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil**

**Autor:**

Solis Jara Cristhian Jaroslaw

**Asesor:**

Ing. Flores Reyes Gumercindo

**CHIMBOTE - PERÚ**

**2018**

**PALABRA CLAVES:**

Tema	Pasta cementante
Especialidad	Aglomerante

**KEY WORDS:**

Theme	Cementing Paste
Speciality	Binder

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Código	Línea
1.0.	Ingeniería
2.0.	Ingeniería y Tecnología
2.1.	Ingeniería Civil

**Titulo:**

**“Resistencia de una pasta cementante sustituyendo en 5% por polvo de almeja (semele sp) y 15% por ceniza de cola de caballo”**

## **Resumen**

El propósito de la investigación fue determinar la resistencia alcanzada de la pasta cementante al sustituir al cemento en un 5% y 15% por la combinación de polvo de almeja y ceniza de la cola de caballo, estudio que se realizó en la ciudad de Chimbote en el año 2017, utilizando polvo de almeja del Mercado “La Sirena” - Chimbote, ceniza de cola de caballo ubicado en la Huaca Choloque - Santa y con cemento portland tipo I, Con la finalidad de encontrar alternativas de materiales para hacer aplicados en el campo de la ingeniería civil.

Esta investigación trato sobre la sustitución del cemento en una pasta cementante, primero se estudió los materiales que lo componen, la sustitución del cemento será Por la combinación de polvo de almeja proveniente del Mercado “La Sirena”- Chimbote y ceniza de cola de caballo de la Huaca Choloque - Santa, las cuales pasaran por un proceso de activación térmica y mecánica para que puedan tener un parecido similar al del cemento, para la cual se hará la elaboración de 30 pastas cementantes las cuales 15 será 0% y 15 con la combinación de 20% de ambos materiales, obtuvo resistencia superiores en 2,52 % a los 90 días de curado con respecto al patrón, demostrando que la nueva adición puede ser usada en acabados de obras de construcción.

## **ABSTRACT**

The purpose of the research was to determine the resistance to the progress of cementation for cement by 5% and 15% for the combination of clam dust and the texture of the horsetail, the study that was carried out in the city of Chimbote in the year 2017, using the clam dust of the "La Sirena" Market - Chimbote, horsetail ash located in the Huaca Choloque - Santa and portland type I cement, in order to find alternative materials to be applied in the field of civil engineering.

This research on the replacement of cement in a cement paste, first studied the materials that make it up, the substitution of the cement is the combination of clam powder from the market "La Sirena" - Chimbote and horsetail ash Huaca Choloque - Santa, those passed through a process of thermal and mechanical activation so that they can have a similar similarity to cement, for which is the elaboration of 30 cementing pastes which 15% 0% and 15 with the combination of 20% of both materials , obtain superior resistance in 2.52% after 90 days of curing with respect to the pattern, demonstrating that the new one can be used in finishing of construction works.

## Índice General

Contenido	
Palabra clave – key words – línea de investigación	i
Título	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Índice	v
I). Introducción	01
II). Metodología	17
III). Resultados	21
IV). Análisis y Discusión	37
V). Conclusiones	40
VI). Recomendaciones	41
VII). Agradecimiento	42
VIII). Referencia Bibliográfico	43
IX). Anexo y Apéndice	45

## **Lista de Tablas**

<b>Tabla 01:</b> Compuestos Químicos del Clinker del Cemento Portland	04
<b>Tabla 02:</b> Composición Química del Cemento TIPO I	05
<b>Tabla 03:</b> Los Parámetros de Óxido Contenidos en los Cementos.	05
<b>Tabla04:</b> Límites permisibles para el agua de mezcla y curado según N.T.P 339.088.	07
<b>Tabla 05:</b> Composición Química del Polvo de Almeja	11
<b>Tabla 06:</b> Composición Química de la Cola de Caballo	13
<b>Tabla 07:</b> Variable Dependiente	15
<b>Tabla 08:</b> Variable Independiente	15
<b>Tabla 09:</b> Diseño en Bloque Completo al Azar	17
<b>Tabla 10:</b> Técnicas e Instrumentos de Investigación	18
<b>Tabla 11:</b> Composición Química del Polvo de Almeja	24
<b>Tabla 12:</b> Composición Química de la Ceniza de Cola de Caballo	24
<b>Tabla 13:</b> Composición Química de la Mezcla de PA+CCC+C	25
<b>Tabla 14:</b> PH de los Materiales a Utilizar	26
<b>Tabla15:</b> Proporciones de materiales en peso para elaborar la pasta cementante patron	26
<b>Tabla 16:</b> Proporciones de Materiales en Peso para Elaborar la Pasta Experimental a una Sustitución por 5 % de Polvo de Almeja y 15 % por Ceniza de Cola de Caballo	27
<b>Tabla 17:</b> Resultado del Polvo de Almeja en cada Proceso	28
<b>Tabla 18:</b> Resultado de la Ceniza de la Cola de Caballo en cada Proceso	28
<b>Tabla 19:</b> Ensayo de Resistencia a la Compresión de las Pastas Cementante Patrón a los 3 días de Curado	28
<b>Tabla 20:</b> Ensayo de Resistencia a la Compresión de las Pastas Cementante Patrón a los 7 días de Curado	29
<b>Tabla 21:</b> Ensayo de Resistencia a la Compresión de las Pastas Cementante Patrón a los 28 días de Curado	29
<b>Tabla 22:</b> Ensayo de Resistencia a la Compresión de las Pastas Cementante Patrón a los 60 días de Curado	29

<b>Tabla 23:</b> Ensayo de Resistencia a la Compresión de las Pastas Cementante Patrón a los 90 días de Curado	29
<b>Tabla 24:</b> Ensayo de Resistencia a la Compresión de las Pastas Cementante Experimental a los 3 días de Curado	30
<b>Tabla 25:</b> Ensayo de Resistencia a la Compresión de las Pastas Cementante Experimental a los 7 días de Curado	30
<b>Tabla 26:</b> Ensayo de Resistencia a la Compresión de las Pastas Cementante Experimental a los 28 días de Curado	31
<b>Tabla 27:</b> Ensayo de Resistencia a la Compresión de las Pastas Cementante Experimental a los 60 días de Curado	31
<b>Tabla 28:</b> Ensayo de Resistencia a la Compresión de las Pastas Cementante Experimental a los 90 días de Curado	31
<b>Tabla 29:</b> Cuadro Comparativo de Pasta Patrones y Experimentales	32
<b>Tabla 30:</b> Medidas de Dispersión de la Pasta Cementante Patrón	33
<b>Tabla 31:</b> Medidas de Dispersión de la Pasta Cementante en 20% de Sustitución	34
<b>Tabla 32:</b> Resistencia a la compresión de una pasta cementante con sustitución de cemento por una mezcla (5% de polvo de almeja y 15% de ceniza de cola de caballo)	35
<b>Tabla 33:</b> Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de los especímenes de pastas cementantes.	36
<b><u>Lista de Figura</u></b>	
<b>Figura 01:</b> Curva de Pérdida de Masa-Análisis Termo Gravimétrico-Polvo de Almeja	21
<b>Figura 02:</b> Curva de Calorimétrica ATD – Polvo de Almeja	22
<b>Figura 03:</b> Curva de Pérdida de Masa - Análisis Termo Gravimétrico – Ceniza de Cola de Caballo	22
<b>Figura 04:</b> Curva de Calorimétrica ATD – Ceniza de Cola de Caballo	23
<b>Figura 05:</b> Curva de Pasta Cementante Patrón	30
<b>Figura 06:</b> Curva de Pasta Cementante Experimental	32
<b>Figura 07:</b> Comparación de Resultados Patrón y Experimental – Barras	37
<b>Figura 08:</b> Comparación de Resultados Patrón y Experimental – Curvas	37

## I. Introducción

**Ismael, S.; Ahmed, A.; Reddy, A. & Hamdan, S. (2015).** Menciona en su investigación que al calcinar la concha de almeja a una temperatura de 900 °C durante un tiempo de 2 horas, producirán que los residuos de la concha de almeja obtengan una concentración de Oxido de Calcio (CaO) de 93 %.

**Balarezo, G. (2016).** Indica que la utilización de cenizas de cola de cola de caballo recolectados en santa, Áncash - Pe 12 carretera, con el cruce de la huaca choloque contiene un alto porcentaje de silicio las cuales se calcinaron a 300° C por tiempo de 2 horas.

**Yu yan, C., & zhon Quiang, Z. (2011).** El polvo de cáscara de Oyster Shell fue utilizado como la mezcla de cemento portland ordinario. Los efectos de las Diferentes cantidades de adición y formas de molienda sobre la resistencia y la estabilidad de mortero de cemento se examinaron y se determinó la cantidad de adición apropiada de polvo de concha de ostra. La estructura y la propiedad cambios de muestras de cementación con diferentes contenidos de polvo de concha de ostra fueron probadas por XRD. Los resultados revelaron que la compresión y la ruptura puntos fuertes de la muestra con el polvo de concha de ostra 10% estaba cerca de los de la original sin adición, la cantidad de polvo de concha de ostra es del 5% obtuvo la mejor resultado de resistencia a la compresión (49,2 MPa).

**Gierlinger, N., Sapei, L., Paris, O. (2007).** Sostiene que el sílice en la cola de caballo hasta un 25 % de su peso. Aspectos de la deposición de sílice, su asociación con otras biomoléculas, así como la composición química del tejido fortalecimiento exterior todavía no están claros. Estas cuestiones se abordan mediante el uso de alta resolución (<1 micras) confocal Raman microscopia. La acumulación de sílice fue fotografiada en los mandos y en una capa fina por debajo de la cutícula. En el espectro extraído de la región de perilla como contribuciones principales, una banda ancha por debajo de 500 cm<sup>-1</sup> atribuidas a la sílice amorfa, y una banda a 976 cm<sup>-1</sup> asignados a grupos silanol, fueron encontrados.

A partir de esto, llegamos a la conclusión de que estas protuberancias eran casi pura amorfa, sílice hidratada. No vibración grupo silanol se detectó en la capa epidérmica

silicificada a continuación y asociación con pectina y hemicelulosas se indica. Pectina y hemicelulosa (glucomanano) se encontraron en niveles altos en la capa epidérmica y en una parte externa distinguirse claramente de las fibras hipodérmica sterome. La parte interior de las células de dos capas de celulosa reveló como casi puro, orientado paralelamente a lo largo de la fibra.

**Thomas, F., Jenning, H. (2009).** El grado de hidratación puede medirse de varias formas diferentes, incluyendo las mediciones de rayos x para determinar la cantidad de los minerales permanecen y la pérdida en mediciones de encendido para determinar la cantidad de agua unida la pasta contiene. Otro método común es sumar la cantidad de calor desprendido por la pasta (medido por térmica calorimetría) y dividir este valor por la cantidad total de calor liberado por la hidratación completa. Este último valor dependerá de la composición mineral del cemento. Otro parámetro que puede ser utilizado para monitorear el progreso de la hidratación es la **resistencia a la compresión**. Esta no es una medida precisa, ya que la fuerza depende de muchos factores distintos de la evolución de las reacciones químicas, pero es muy práctico ya que el desarrollo de la fuerza es la razón principal para el uso de cemento y concreto en el primer lugar donde se obtuvo una resistencia a la compresión de 26 MPa.

De acuerdo a lo revisado en los antecedentes se justifica la presente investigación en los aspectos social y del conocimiento.

El polvo de almeja al igual que la ceniza de cola de caballo son materiales residuales que podrían tener uso importante en el campo de la construcción y a la vez reducir costos en obra, por tal motivo al activar el polvo de almeja y la ceniza de cola de caballo se podría utilizar como una sustitución en un porcentaje al cemento en una pasta cementante.

Por lo mencionado anteriormente y considerando las propiedades de la pasta cementante se hace indispensable el estudio de las características principales del mismo cuando se sustituya el polvo de almeja y la ceniza de la cola de caballo, y cómo podría influir en la pasta, en cuanto a la resistencia y su uso en la construcción.

En el presente proyecto de investigación, se busca también mejorar la resistencia obtenida en la pasta cementante, el que beneficiará a las viviendas en nuestra provincia del santa. Y por otro lado se busca la conservación del medio ambiente al buscar

alternativas de recursos naturales que tienen como característica o antecedente común a la actividad puzolánicos, esto conlleva a darle mayor interés y difusión a una tecnología que en países desarrollados ya la vienen utilizando.

En nuestro país en el sector de la construcción se utiliza esencialmente al cemento como material primordial en los trabajos relacionado con obras civiles debido a esto ha surgido la necesidad de mejorar la calidad de la pasta, por tal motivo los profesionales de la construcción deben estar en la capacidad de proponer el uso de diferentes adiciones en la pasta que puedan brindar soluciones tomando en consideración los costos y el medio ambiente.

Esta investigación servirá a los estudiantes de Ingeniería Civil para realizar investigaciones posteriores a este trabajo de investigación, ya que, hay una serie de aplicaciones que bien se podrían aprovechar sustituyendo al cemento por la combinación del polvo de almeja y ceniza de cola de caballo.

La problemática de la presenta investigación se pone de manifiesto en las siguientes líneas:

la producción mundial de cemento apareció en la publicación Cement Review, donde se destaca que en 1999 China demandó 485 millones de toneladas de cemento, mientras que su producción fue de 520 millones, utilizando el 93.3% de su producción, esto es 18 y 19 veces más que el consumo y fabricación de la industria mexicana, respectivamente (De la Rosa, 2009).

En el Perú está creciendo el sector inmobiliario y además obras de gran envergadura de carácter privado y estatal, por la cual existen muchas plantas industriales que fabrican cemento con una producción aproximada de 6,86 millones de toneladas por año. Por este motivo es necesario diseñar una nueva pasta cementante que tenga propiedades similares que una pasta ordinaria sustituyendo material orgánicos y así reducir la contaminación. Este indicador permite vislumbrar que la mayor demanda de cemento se presenta en países altamente poblados o en vías de desarrollo, por lo cual es necesario brindar un material cementante económico que permita el desarrollo de la infraestructura carente.

Actualmente se viene investigando en el rubro de la construcción el uso de conchas marinas para la sustitución parcial del cemento por su alto contenido de calcio y ser un

material orgánico, a su vez se puede utilizar cenizas de cola de caballo por altos contenidos de silicio y otros componentes químicos.

Con los puntos planteados se formula la siguiente pregunta:

**¿En qué medida la mezcla de la concha de almeja y la cola de caballo proveniente del Mercado “La Sirena” - Chimbote y de la Huaca Choloque - Santa, permitirán obtener un material puzolánico capaz de sustituir en 20 % al cemento para obtener una resistencia a la compresión en un mezcla de pasta experimental en comparación de una pasta convencional?**

### Cemento

El cemento es un conglomerado 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. **Taylor, H. (1997).**

### Características Químicas

American Society for Testing and Materials, ASTM C150. (2007) Define que la composición química del cemento, en base a un buen CLINKER bien quemado, produce la siguiente composición:

**Tabla 01:** Compuestos Químicos del Clinker del Cemento Portland

<b>Designación</b>	<b>Formula</b>	<b>Porcentaje</b>
Silicato Tricàlcico	3CaO.SiO <sub>2</sub>	30% a 50%
Silicato Di càlcico	2CaO.SiO <sub>2</sub>	15% a 30%
Aluminato Tricàlcico	4CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4% a 12%
Ferro Aluminato Tetracalcico	4CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8% a 13%
Cal Libre	CaO	
Magnesia Libre (Periclusa)	MgO	

**Fuente:** ASTM C 150

**Silicato Tricàlcico 3CaO.SiO<sub>2</sub>:** Composición del 36.0 %, el cual le confiere su resistencia inicial e influye directamente en el calor de hidratación.

**Silicato Di cálcico 2CaO.SiO<sub>2</sub>:** Composición del 33.0%, el cual define la resistencia a largo plazo y no tiene tanta incidencia en el calor de hidratación.

**Aluminato Tricàlcico 3CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:** Composición del 21.0 %, es un catalizador en la reacción de los silicatos y ocasiona un fraguado violento. Para retrasar este fenómeno, es preciso añadirle y eso durante la fabricación del cemento.

**Componentes menores:** Oxido de magnesio, potasio, sodio, manganeso y titanio 10 %.

**Composición Física y Química del Cemento:**

Las propiedades químicas y físicas de los cementos se regirán de acuerdo a lo siguiente: Cementos Portland Norma ASTM C 150. Deben cumplir con los requisitos especificados en la sección 6, Chemical Composition y la sección 7, Physical Properties ASTM C 150, según el Volumen 04 – 01 de la Sección 4 del Manual de Estándares de ASTM, en su revisión más reciente.

**Tabla 02:** Composición Química del Cemento TIPO I

Componentes	Cemento Tipo I
Oxido de Sílice: SiO <sub>2</sub>	20.50%
Óxido de Hierro: Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.14%
Oxido de Aluminio: Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.07%
Oxido de Calcio: CaO	62.41%
Óxido de Azufre: SO <sub>3</sub>	1.83%
Perdida por Calcinación: P.C	1.93%
Residuo Insoluble: R.I	0.68%
Cal Libre: Na <sub>2</sub> O	1.10%

**Fuente:** ASTM C 1157

**Tabla 03:** Los Parámetros de Óxido contenidos en los Cementos.

Componentes	Porcentaje (%)
CaO	61 - 67
SiO <sub>2</sub>	20 - 27
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4 - 7
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.5 - 4
MgO	0.1 - 5
SO <sub>3</sub>	1 - 3
K <sub>2</sub> O y Na <sub>2</sub> O	0.25 – 1.5

**Fuente:** ASTM C 115

### Características Físicas

**Norma ASTM.C150 (2007).** Especificación estándar para el cemento portland: define que las propiedades físicas de cemento son útiles para evaluar y controlar la calidad del cemento, estos ensayos no pueden ser considerados para interpretar la calidad del hormigón pese a que los mismos van de la mano; dichos ensayos presentan límites indicados en las distintas normativas y son distintos dependiendo el tipo de cemento a ser utilizados; entre las principales propiedades físicas tenemos:

**Finura y tamaño de las partículas:** Finura superficie específica Blaine 360 m<sup>2</sup>/kg.

**Tiempo de fraguado:** el tiempo de fraguado del cemento portland se realiza mediante la prueba de vicat:

Fraguado inicial 2h 48m – final 3h 55m.

**Contenido de aire:** 9.0%

**Densidad:** la densidad del cemento portland recién fabricado tiene un valor de 3.10.

**Contenido de partículas %:** mayores de 10 µm 48; entre 10 y 45 µm 46 y mayores a 45 µm.

### Tipos de Cemento:

Norma Técnica Peruana, NTP 334.009. (2002) Clasifica a los tipos de cementos portland de acuerdo a sus propiedades específicas.

**Tipo I:** Para uso general que no requiere propiedades especiales de cualquier otro tipo.

**Tipo II:** Para uso general y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.

**Tipo III:** Para ser utilizado cuando se requiere altas resistencias iniciales.

**Tipo IV:** Para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación.

**Tipo V:** Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

El cemento empleado para el presente proyecto de investigación fue el cemento Portland Tipo I.

### El Agua

El agua presente en la mezcla de concreto reacciona químicamente con el material cementante para lograr la formación de gel. Se podrá emplear como aguas de mezclado

aquellas que se consideren potables, o las que por experiencia se conozcan que pueden ser utilizadas en la preparación del concreto. Debe recordarse, no todas las aguas inadecuadas para beber son inconvenientes para preparar concreto. En general, dentro de las limitaciones, el agua de mezclado deberá estar libre de sustancias colorantes, aceites y azúcares, El agua empleada no deberá contener sustancias que puedan producir efectos sobre el fraguado, la resistencia o durabilidad, apariencia del concreto, o sobre los elementos metálicos embebidos en éste. El agua que va de ser empleada en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 339.088 y ser, de preferencia potable. No existen criterios uniformes en cuanto a los límites permisibles para las sales y sustancias presentes en el agua que va a emplearse.

### **Funciones del Agua**

El agua de mezcla en el concreto tiene tres funciones Principales:

- ) Reaccionar con el cemento para hidratarlo
- ) Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.
- ) Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacios para desarrollarse.

**Tabla 04:** Límites Permisibles para el Agua de Mezcla y Curado según N.T.P 339.008

<b>Descripción</b>	<b>Limite permisible</b>
Cloruros	300ppm.
Sulfatos	300 ppm.
Sales de magnesio	150ppm.
Sales solubles totales	1500ppm.
PH	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm.
Materia orgánica	10 ppm.

**Fuente:** N.T.P 339.088.

### **Pasta**

**Herreruelo, F. (2014).** Define una pasta como un producto que se obtiene si se mezcla un conglomerante con agua, utilizado en la construcción, cuando se realizan los acabados finales de la obra, es muy común que se utilicen ciertos tipos de pastas, algunos de los

motivos por los cuales se utilizan, son para proteger a los elementos constructivos de la intemperie, recubrir irregularidades y proporcionar una base uniforme a otro recubrimiento o como acabado final.

### **Etapas de Formación de una Pasta**

**Thomas, F., Jennings, H. (2009).** La hidratación del cemento como un proceso de dos pasos: En el primer paso, llamado **disolución**, el cemento se disuelve, liberando iones en el agua de la mezcla. El agua de la mezcla es por lo tanto ya no pura H<sub>2</sub>O, pero una solución acuosa que contiene una variedad de especies iónicas, llamado la solución de los poros. El yeso y los minerales de cemento C<sub>3</sub>S y C<sub>3</sub>A y son altamente soluble. Por lo tanto las concentraciones de especies iónicas en la solución de poro aumentan rápidamente tan pronto como el cemento y el agua se combinan finalmente, las concentraciones aumentan hasta el punto q la solución de poros de sobresaturación, el sentido de que contiene más iones disueltos de que pueda sostener cómodamente. En este punto, es energéticamente favorable para algunos iónicos de recombinar en las fases sólidas en lugar de permanecer disueltos. Este segundo paso del proceso de hidratación se llama **precipitación**.

### **Hidratación de la Pasta de Cemento Portland**

**Fernanda, C. (2014).** Hay dos razones por las que los productos de hidratación son diferentes de los minerales del cemento. Una de las razones es que hay un nuevo reactivo en el sistema: el agua. No sólo facilitar el agua el proceso de hidratación mediante la disolución de los minerales de cemento, sino que también contribuye iones, en forma de grupos hidroxilo (OH<sup>-</sup>), a los productos de hidratación.

La estabilidad de una fase se define por un parámetro llamado energía gratis, que puede ser más o menos define como la cantidad de energía química y térmica contenida en la fase. Cuanto menor es la energía libre, más estable es la fase. Los minerales del cemento se forman a muy altas temperaturas superiores a 1400C, porque tienen la menor energía libre en esas condiciones extremas. A las temperaturas mucho más bajas presentes durante la hidratación del cemento, los minerales de cemento son en realidad bastante inestable, lo que significa que hay muchas otras fases sólidas que formarían preferentemente a partir de los mismos átomos una vez que se disuelven. De hecho, todo el punto detrás del

proceso de fabricación de cemento de alta temperatura es crear fases sólidas que se disuelven fácilmente en agua, lo que permite nuevas fases a la forma. Cuando una fase se convierte en otra fase con una energía libre más baja, por lo general hay una liberación de exceso de energía en forma de calor. Dicha reacción se denomina exotérmica, y el calor exotérmico asociado con la hidratación del cemento ya ha sido definido como el calor de hidratación.

### **La Dinámica Molecular de la Pasta de Cemento**

Luego de agregar el agua al cemento se cree que la fuerza y la cohesión de pasta de cemento se controlan por la formación de silicato de calcio hidratado de gel (CSH), para mejorar las propiedades mecánicas macroscópicas (resistencia a la tracción), es necesario para comprender la estructura y comportamiento de gel CSH en el nivel de átomo.

**Murray, J. (2010).**

La resistencia del hormigón se origina a partir de la fuerza de la pasta de cemento endurecido, que a su vez origina a partir de sus productos de hidratación. La mayor parte de los productos de hidratación está en la forma de un gel rígido hidrato llamado silicato de calcio (CSH). Se cree que el gel CSH es responsable de la fuerza y la cohesión de la pasta de cemento. El gel CSH es una estructura compleja compuesta multi escala de los elementos y los poros de diversos tamaños. Las unidades más pequeñas (partículas de tamaño manométrico) de gel CSH ensamblan para formar estructuras a escalas de longitud más grandes (escala microlength). Durante la última década, se han realizado varias investigaciones experimentales de la nano estructura de gel de CSH. Difracción de rayos (XRD) de datos de gel CSH sugieren la estructura es no cristalino o amorfo. Los estudios experimentales de CSH concluyeron que la estructura atómica de la unidad gel CSH más pequeña es una estructura de cristal en capas similar a la de los minerales tabernerita, con lámina (capa CSH) de espesor en el intervalo de nanómetros. **Pellenq, M., & Van Dame. (2008).**

### **Almeja**

La almeja es un molusco vívalo que vive en aguas saladas. Los Bivalvos son aquellos moluscos cuyo cuerpo está protegido por dos conchas simétricas, cómo el mejillón, la ostra, o la navaja. Soportan temperaturas de 5 a 35°C, la baja mar y los cambios de salinidad.

El elemento principal presente en la almeja es calcio (95% en peso) en forma de óxido y también contienen minerales como el Sí, Mg, Al, Sr, Na, Fe, Te, La presencia de calcio como el constituyente principal era una indicación de que la cáscara de residuos de la almeja compone de  $\text{CaCO}_3$  y durante la calcinación pueden ser casi completamente convertidos a  $\text{CaO}$ . **Guari, A.; (2014).**

### **Mecanismo de Formación de las Conchas de Moluscos**

**Marin, N., Benjamin, M. (2012).** Define que la concha está constituida por capas una superficial no calificada, denominada periostraco, y la porción calificada, constituida por el mesostraco e hipostraco, siendo su composición química el carbonato de calcio Fase de la concha contribuye en gran medida a su masa (98%), mientras que es el resto matriz orgánica integral (2% de la masa de la concha) que determina la precisión Formación estructural, organización y propiedades el compuesto mineralizado. Está constituida por dos capas pueden ser claramente identificables, o ser tan delgado el mesostraco que solo un minucioso análisis al micro escorpio revela su presencia. El mesostraco está constituido por cristales de aragonito, mientras que el hipostraco puede estar compuesto por cristales de calcita, aragonito o ambos.

### **Característica de la Almeja**

Son filtradores y se caracterizan por su forma achatada lateralmente y por su concha compuesta de dos valvas que se articulan dorsalmente envolviendo todo el cuerpo del animal (**Gosling, 2003**). En almeja las tallas variaron de 28 a 95 mm de longitud valvar.



**Grafico 01:** Caparazón de la Almeja (semele sp)

**Fuente:** IMARPE

### **Producción de la Almeja**

**IMARPE (2016).** En la sede de Chimbote se capturaron 9771 Ton de invertebrados marinos (2016) de los cuales la almeja tuvo una producción anual de 13,9 Ton siendo el 2,17 % de la producción total de invertebrados marinos. En el primer trimestre se capturaron (2238kg), en el segundo trimestre se capturaron (2966 kg), en el tercer trimestre se capturaron (2883kg), y donde mayor capturo se obtuvo fue en el cuarto trimestre (5873kg).

### **Composición Química de la Almeja**

**Tabla 05:** Composición Química del Polvo de Almeja

<b>Componentes Químicos</b>	<b>Resultados (%)</b>
Óxido de Hierro: Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.013%
Oxido de Aluminio: Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.873%
Oxido de Calcio: CaO	86.373%
Dióxido de Cloro: ClO <sub>2</sub>	0.154%
Óxido de Potasio: K <sub>2</sub> O	0.156%
Óxido de titanio: TiO <sub>2</sub>	0.023%
Óxido de Estroncio: SrO	0.186%

**Fuente:** Laboratorio de Arqueometría –San Marcos - Lima

### **Propiedades y Características de las Conchas como Material Cementante**

**Yu yan, C., & zhon Quiang, Z. (2011).** La concha de ostra contiene principalmente carbonato de calcio que representa aproximadamente el 95%, y puede ser utilizado para la producción de cemento media y alta calidad .en este estudio se utilizó polvo de los conchas a sustituir al Clinker de cemento se discutieron los efectos de diferentes cantidades de adición donde obtuvo mejor resultado fue en la sustitución de 5% y 10 % del peso del cemento. La comparación de los patrones de difracción de rayos X de dos tipos de muestras, el CaCO<sub>3</sub> existe de forma estable fase de concha de ostra en las muestras de mortero de cemento, lo que significa su adición no causa el cambio de fase cristalina de mortero de cemento, revelando que el polvo de concha de ostra no tiene ninguna reacción química en el sistema de mortero de cemento, apenas existente independientemente con solamente llenar efecto. En general, se puede encontrar que el

polvo de concha de ostra y materiales de cementación existen independientemente, y no hay ninguna reacción química entre ellos. Por lo tanto, como una mezcla mineral, polvo de concha de ostra desempeña principalmente su papel a través de “efecto morfológico” y “efecto de relleno micro-agregado” en el material de cementación.

### **Ceniza de Cola de Caballo**

La ceniza de la cola de caballo (*equisetum arvenses*) es un residuo sólido que se activó térmicamente producto de la combustión. Si la combustión ha sido completa, la ceniza es exclusivamente inorgánica. Por lo general, la ceniza de madera o cualquier material vegetal similar, consiste principalmente en carbonato de sodio y carbonato de potasio.

**Gierlinger N, Sapei L, Paris O (2007).** Las cenizas de cola de caballo están compuestas por un aglomerado de microesferas (cenoesferas y pleuroesfera) de hasta cientos de micras de diámetro, constituidas generalmente por hierro, sodio, potasio, calcio, fósforo, titanio y azufre.

### **Propiedades de la Cola de Caballo**

**Kestur, G. (2015).** La cola de caballo poseen una serie de características interesantes para la construcción, su composición es  $\text{SiO}_2 + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3$  y es similar a la composición química del cemento  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO}$  que alcanza un porcentaje de 93%; garantizando que puede sustituir al cemento en un porcentaje alto. Pueden utilizarse como material resistente sin añadir sustancias químicas.

### **Características Químicas de la Cola de Caballo**

También ha sido bien establecido que esta especie contiene sales / minerales de potasio, magnesio, calcio, fósforo, sodio y aluminio como sus constituyentes, que tiene más del 10% de los componentes inorgánicos, así como compuestos fenólicos, flavonoides, entre otros. También está bien establecida la posibilidad de concentraciones de silicio alcanzando aproximadamente el 25% de su peso seco en estas especies y 25 en peso.%. De sílice se ha encontrado que se han acumulado en los mandos en forma amorfa y como una capa fina por debajo de la cutícula. Según (**Kestur, G. 2015**).



**Grafico 02:** Cola de Caballo (equisetum arvense)

**Fuente:** La Cola de Caballo (Equisetum Arvense)-(Preparado 508)

### Producciones de la Cola de Caballo.

**Ministerio de Agricultura (2011).** El incremento en la demanda de los mercados por plantas y productos derivados de ellas aumenta simultáneamente el riesgo de la identificación errada. Esta situación describe el caso de la “cola de caballo”, la cual es exportada a diversos mercados en países vecinos, Europa y los Estados Unidos de N.A. La exportación de esta planta alcanzó 21820 kg/año.

### Composición Química de la Cola de Caballo

**Tabla 06:** Composición Química de la Cola de Caballo

<b>Componentes Químicos</b>	<b>Resultado (%)</b>
Oxido de silicio: SiO <sub>2</sub>	76.838%
Óxido de Hierro: Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.50%
Oxido de Aluminio: Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.835%
Oxido de Calcio: CaO	3.123%
Dióxido de Azufre: SO <sub>2</sub>	0.957%
Dióxido de Cloro: ClO <sub>2</sub>	0.206%
Óxido de Potasio: K <sub>2</sub> O	4.723%
Óxido de titanio: TiO <sub>2</sub>	0.387%
Óxido de Vanadio: V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.005%
Óxido de Cromo: Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.015%
Óxido de Magnesio: MnO	0.112%
Óxido de Zinc: ZnO	0.086%
Óxido de Estroncio: SrO	0.025%
Óxido de Rubidio: Rb <sub>2</sub> O	0.008%
Óxido de Itrio: Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.003%
Óxido de Circonio: ZrO <sub>2</sub>	0.031%
Óxido de Bario: BaO	0.091%

**Fuente:** Laboratorio de Arqueometría –San Marcos - Lima

## **Puzolanas**

**NTP 334.090(2013)**. Afirma que es un material silíceo o silíceo y aluminoso, que por sí mismo puede tener poco o ningún valor cementicio pero que, finamente dividido y en presencia de humedad, reacciona químicamente con el hidróxido de calcio, a temperaturas comunes, para formar compuestos que poseen propiedades cementicias.

Generalmente los materiales puzolánicos presentan un alto contenido de sílice ( $\text{SiO}_2$ ) y/o alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) en estado vítreo, caracterizado por tanto por su baja cristalinidad. En ocasiones también contienen minerales inactivos en distintas proporciones, tales como cuarzo, feldespatos, magnetita, etc. **Gómez A. (2009)**

## **Análisis Térmico Diferencial**

**Georg, W. (2001)**. El análisis térmico diferencial es una técnica instrumental que se basa en la medida de la variación de masa que sufre un material en función de la variación de la temperatura, bajo una atmósfera controlada.

La representación gráfica de la curva ATD es la pérdida de peso en función de la temperatura cuyo origen está en las reacciones químicas (descomposición y separación de aguas cristalinas, combustión, reducción de óxidos metálicos, cambio de fase).

La representación gráfica de la variación de la masa o del porcentaje de masa en función del tiempo o de la temperatura se denomina termo grama (es la primera derivada de la curva ATD) o curva de descomposición térmica (procesos exotérmicos y endotérmicos).

## **Análisis por fluorescencia de Rayos-X**

**Héctor, J. (2008)**. Esta técnica permite detectar la presencia de elementos químicos de números atómicos  $Z$  igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característico que emite los átomos. Las energías de estos rayos-X característico aumentan con el valor de  $z$  y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg ( $Z=12$ ) no pueden ser registrados en el espectro.

## **Resistencia de una Pasta Cementante**

**Thomas, F., Jennings, H. (2009)**. El grado de hidratación puede medirse de varias formas diferentes, incluyendo las mediciones de rayos x para determinar la cantidad de los

minerales permanecen y la pérdida en mediciones de encendido para determinar la cantidad de agua unida la pasta contiene. Otro método común es sumar la cantidad de calor desprendido por la pasta (medido por técnica calorimetría) y dividir este valor por la cantidad total de calor liberado por la hidratación completa. Este último valor dependerá de la composición mineral del cemento. Otro parámetro que puede ser utilizado para monitorear el progreso de la hidratación es la resistencia a la compresión. Esta no es una medida precisa, ya que la fuerza depende de muchos factores distintos de la evolución de las reacciones químicas, pero es muy práctico ya que el desarrollo de la fuerza es la razón principal para el uso de cemento y concreto en el primer lugar donde se obtuvo una resistencia a la compresión de 26 MPa.

### **Operacionalización de variables:**

**Tabla 07:** Variable Dependiente:

<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>INDICADOR</b>
<b>Resistencia a la compresión de una pasta cementante</b>	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento.	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un pasta cementante bajo una carga admisible.	Kg/cm <sup>2</sup> .

**Fuente:** Elaboración Propia

**Tabla 08:** Variable Independiente:

<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>INDICADOR</b>
<b>Sustitución por la combinación de polvo de almeja y ceniza de cola de caballo.</b>	Es la sustitución del polvo de almeja y ceniza de cola de caballo en un porcentaje del cemento en el diseño de una pasta cementante	(Polvo de almeja 5%) (Ceniza de cola de caballo 15%)

**Fuente:** Elaboración Propia

La Hipótesis se plantea como: Activación térmica del polvo de almeja y ceniza de cola de caballo permitiría activar sus altos contenidos de precursores puzolánicos de sílice y calcio, así mismo al triturar se lograría incrementar el área efectiva de reacción para poder reemplazar al cemento en una mezcla de pasta cementante, y obtendría óptimas resistencia en comparación de un pasta patrón sin sustitución.

El Objetivo General del presente estudio es: Determinar la resistencia a la compresión de una pasta cementante sustituido por 5% y 15 % de la combinación de polvo de almeja y ceniza de cola de caballo en comparación de una pasta convencional. Y como objetivo específicos:

- ✓ Determinar la temperatura de activación de la almeja y de la ceniza de la cola de caballo mediante el ensayo de Análisis Térmico Diferencial (DTA).
- ✓ Determinar la composición química del polvo de almeja, ceniza de cola de caballo y sus combinaciones a través del Ensayo de Fluorescencia de Rayos X (FRX).
- ✓ Determinar el grado de alcalinidad (PH) del polvo de almeja, ceniza de cola de caballo y sus combinaciones.
- ✓ Determinar las proporciones de mezcla y relación a/c de la pasta patrón y experimental.
- ✓ Ensayar los especímenes de pasta cementante patrón y experimental a los 3, 7, 28, 60,90 días de curado y comparar resultados obtenidos de los especímenes patrón y experimental.

## II. Metodología

La investigación será de tipo APLICADA, porque buscamos resolver un problema conocido y encontrar respuestas a preguntas específicas. Usando métodos innovadores y sobre todo naturales a bajo costo, sin causar daños al medio ambiente, teniendo en cuenta los conocimientos previos ya estudiados, comprobaremos de manera experimental la resistencia a compresión de una pasta cementante sustituyendo al cemento por 5% por polvo de almeja y 15% por cenizas de cola de caballo.

### Diseño de Investigación

Es un diseño experimental del tipo bloque al azar.

Siendo el diseño el siguiente:

- Polvo de Almeja
- Cenizas de Cola de Caballo

**Tabla 09:** Diseño en Bloque Completo al Azar

Días de Curado	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UNA PASTA CEMENTANTE SUSTITUIDO POR POLVO DE ALMEJA Y CENIZA DE COLA DE CABALLO.	
	0%	20%(5% y 15%)
3	■ ■ ■	■ ■ ■
7	■ ■ ■	■ ■ ■
28	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■
60	■ ■ ■	■ ■ ■
90	■ ■ ■	■ ■ ■

**Fuente:** Elaboración Propia

## **Población y Muestra**

La población está conformada por especímenes que serán elaboradas en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro y la muestra es un subconjunto de casos o individuos de una población estadística, que en esta investigación se trabajó con 30 especímenes de pasta cementante, 15 sin sustitución de cemento, 15 con sustitución de la combinación por 5 % de polvo de almeja y 15% por ceniza de cola de caballo.

Para la elaboración de las unidades de estudio (pastas cementante) se utilizaron las siguientes referencias:

- ) Conchas de Almeja del Mercado de Peces la Sirena
- ) Cola de Caballo de la Huaca Choloque – Santa
- ) Cemento Portland Tipo I

## **Técnicas e Instrumentos de Investigación**

**Tabla 10:** Técnicas e Instrumentos de Investigación

<b>TÉCNICA</b>	<b>INSTRUMENTO</b>
<b>Observación</b>	Guía de observación Resumen. Fichas técnicas del laboratorio de los ensayos a realizar.

**Fuente:** Elaboración Propia

Para esto utilizaremos como instrumento una guía de observación para registrar las resistencias de los especímenes de pasta cementante y fichas de laboratorio para los diversos ensayos y de la resistencia a la compresión.

## **Procesamiento y Análisis de la Información**

Para el presente proyecto de investigación el procesamiento de datos será posterior a los ensayos respectivos apoyados en una hoja de cálculo Excel y con el SPSS.

Para realizar el análisis de los datos se tendrá presente:

- ) Calculo de dosificación para el Diseño de Mezcla de pasta cementante con la sustitución del cemento en un 20 % (5% por polvo de almeja y 15% por ceniza de cola de caballo).
- ) Representación con Tablas, gráficos, porcentajes, promedios, prueba de ANOVA para verificar la hipótesis.

## **Proceso y Análisis de los Datos**

### **Recolección de la Concha de Almeja y Cola de Caballo**

La recolección de la concha de almeja se adquirió del mercado de peces La Sirena ubicado en distrito de Chimbote - Ancash y para la cola de caballo fue obtenido en el Huaca Choloque – Santa ubicado en la provincia del Santa - Áncash.

### **Preparación de muestras para los análisis que determinara la temperatura y los contenidos iniciales de calcio en la concha de almeja, y de silicio y aluminio en la cola de caballo**

Para las conchas de almeja se consideraran las siguientes etapas:

Homogenización y limpieza de residuos orgánicos y adherencia de otros organismos, el secado del material a cielo abierto, trituración en batan para evitar su contaminación, tamizado a través de una malla organza de abertura de 0.149 mm

El polvo de almeja será ensayado mediante un análisis térmico diferencial para determinar la temperatura de calcinación. Después será calcinado a una temperatura y tiempo controlado, el producto final se triturará y tamizará por la malla de 0.0075 mm. El polvo de la concha de almeja obtenido será sometido a un análisis de Fluorescencia de Rayos X para determinar su composición inicial de calcio.

### **Para la ceniza de cola de caballo se consideraran las siguientes etapas:**

Limpiar y seleccionar, eliminando la presencia de cualquier residuo de otra especie, secar el material a cielo abierto, triturar en batan para evitar su contaminación.

La ceniza obtenida será ensayada mediante un análisis térmico diferencial para determinar la temperatura de calcinación. Luego se quemará a cielo abierto en una olla de arcilla para evitar su contaminación y a la vez eliminar los humos de la carbonización, tamizarlo a través de una malla organza de abertura de 0.149 mm.

Después será calcinado a una temperatura y tiempo controlado, el producto final se tamizará por la malla de 0.0075mm. La ceniza de la cola de caballo será sometida a un análisis de Fluorescencia de Rayos X para determinar su composición su contenido de sílice y alúmina.

### **Activación de los precursores cementantes de la concha de almeja y la cola de caballo.**

El polvo de la concha de almeja obtenido por trituración será sometido a una calcinación controlada de 750°C por 1.5 horas, a fin de convertir su contenido de carbonato de calcio en óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) que es la fase en la cual el material es cementante activo. El producto final será tamizado por la malla de abertura 0.0075 mm.

La ceniza obtenida de la calcinación de la cola de caballo será sometido a una calcinación con un temperatura controlada de 520°C por 2 horas a fin de convertir sus contenidos de sílice y aluminio en óxidos de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) y óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) que son activamente cementantes.

Ya teniendo los materiales activados térmica y mecánicamente, se determinó el grado de alcalinidad (PH) del cemento, polvo de almeja, cenizas de cola de caballo y sus combinaciones para sustitución al 5% y 15% en proporciones de 1:3 (1 de polvo de almeja y tres de ceniza de cola de caballo), el ensayo se realizó en el laboratorio COLECBI.

Se procedió a la selección de las cantidades de los materiales usados para cada pasta cementante, se calcularon las cantidades de cada componente que conforman la pasta cementante teniendo en cuenta la relación de agua/cemento de 0.45 según Thomas, F., Jennings, H. (2009), tanto en la pasta patrón y experimental.

La norma ASTM C 305-99 (2006) muestra los parámetros y procedimientos que sirvieron para la elaboración de especímenes de pasta cementante de 30gr que se realizó en la Universidad San Pedro.

El ensayo de compresión de los especímenes de pasta a edades de 3, 7, 28, 60 y 90 días de curado se hizo en el laboratorio de Labicer de la Universidad Nacional de Ingeniería.

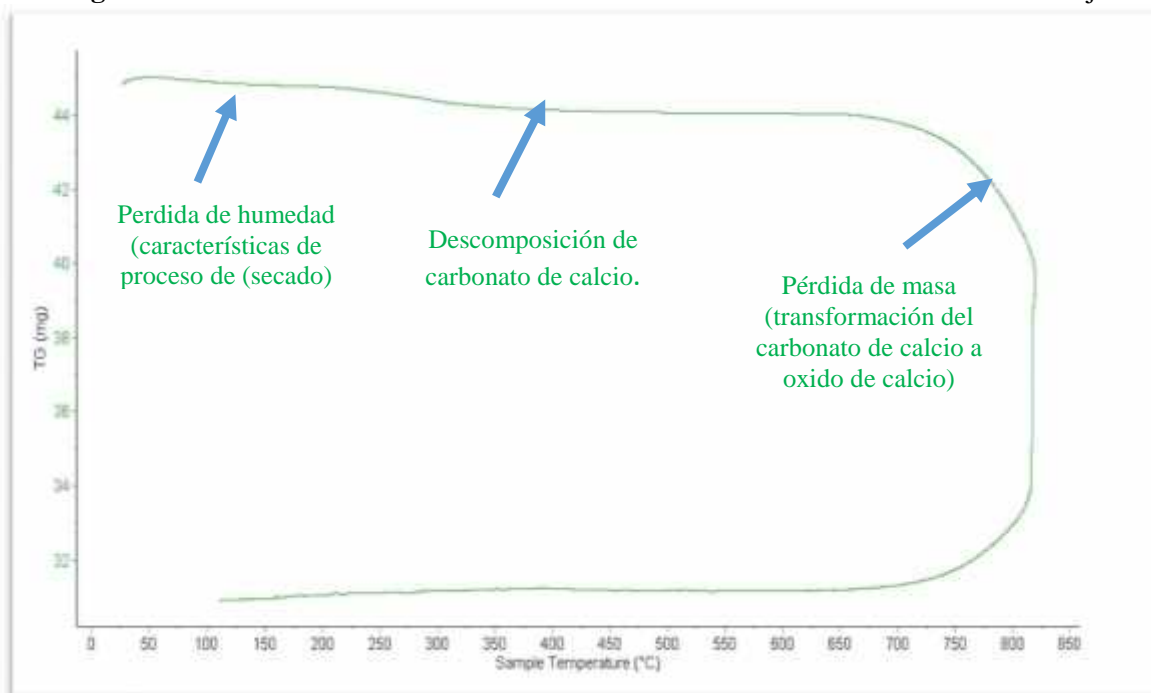
### III. Resultados

#### Ensayo Térmico Diferencial

El siguiente paso consistió en analizar la temperatura óptima de calcinación, mediante el Análisis Térmico Diferencial en el Laboratorio de Polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo. El equipo utilizado fue un Analizador Térmico simultáneo TG\_DTA\_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys\_Evolution. Se empleó un Tasa de calentamiento de 15 °C/min, Gas de Trabajo y Flujo de Nitrógeno 10 ml/min, el rango de trabajo fue de 25 – 800 °C y una masa de muestra analizada de 44.8 mg. Los resultados de este análisis aparecen en las siguientes GRAFICO N° 1, 2, 3 y 4.

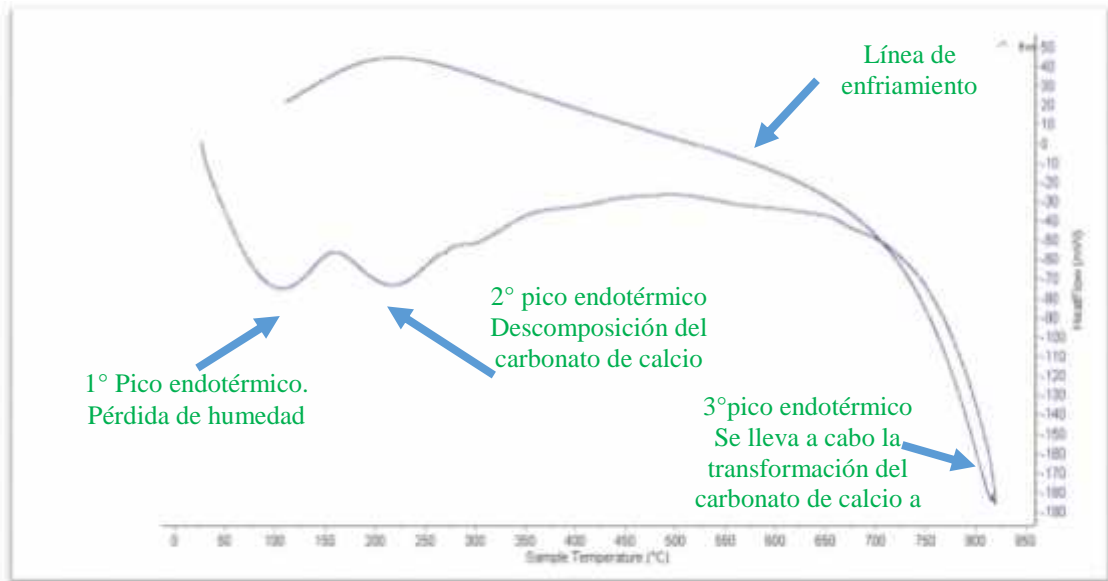
#### Polvo de Conchas de Almeja

**Figura 01:** Curva de Pérdida de Masa - Análisis Termo Gravimétrico – Polvo de Almeja



**Fuente:** Laboratorio de Polímeros de la UNT

**Figura 02:** Curva de Calorimétrica ATD – Polvo de Almeja

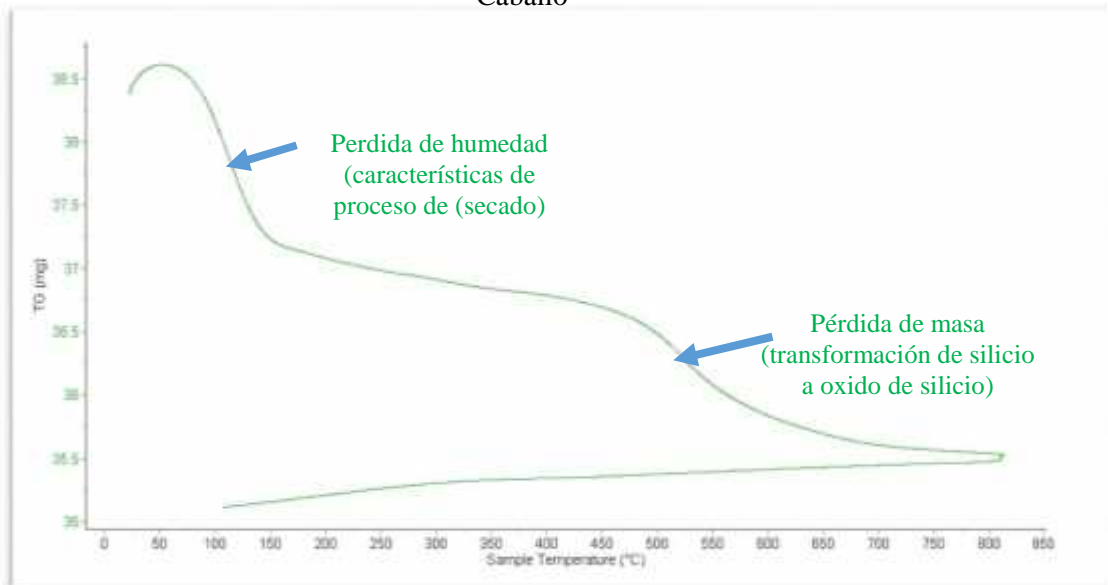


**Fuente:** Laboratorio de Polímeros de la UNT

De acuerdo al ATD la concha de almeja se calcina a 750°C y el tiempo de calcinación fue de 1.5 horas hora de acuerdo a la referencia de Ismael, S.; Ahmed, A.; Reddy, A. Y Hamdan, S. (2015).

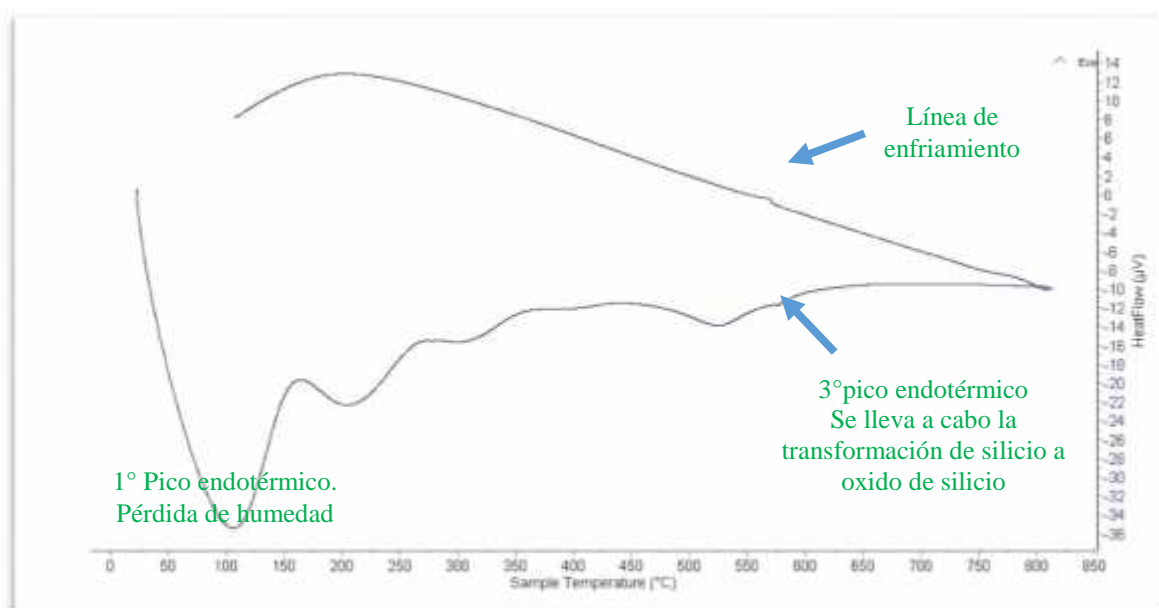
### Ceniza de Cola de Caballo

**Figura 03:** Curva de Pérdida de Masa - Análisis Termo Gravimétrico – Ceniza de Cola de Caballo



**Fuente:** Laboratorio de Polímeros de la UNT

**Figura 04:** Curva de Calorimétrica ATD – Ceniza de Cola de Caballo



**Fuente:** Laboratorio de Polímeros de la UNT

De acuerdo al ATD la concha de abanico se calcina a 520°C y el tiempo de calcinación fue de 2 horas hora de acuerdo a la referencia de Balarezo G. (2016).

### Composición Química

Para la determinación de la composición química del polvo de almeja y ceniza de cola de caballo fueron sometidos a un Análisis de Fluorescencia de Rayos X en el Laboratorio Arqueometría de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. El equipo utilizado fue un espectrómetro de FRXDE marca A pack con Ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 KV y una corriente de 15 Ua. Los resultados se muestran en la **Tabla 11 y 12**.

## Polvo de Almeja

**Tabla 11:** Composición Química del Polvo de Almeja

<b>Componentes Químicos</b>	<b>Resultados (%)</b>
Óxido de Hierro: Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.013%
Oxido de Aluminio: Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.873%
Oxido de Calcio: CaO	86.373%
Dióxido de Cloro: ClO <sub>2</sub>	0.154%
Óxido de Potasio: K <sub>2</sub> O	0.156%
Óxido de titanio: TiO <sub>2</sub>	0.023%
Óxido de Estroncio: SrO	0.186%

**Fuente:** Laboratorio de Arqueometría –San Marcos - Lima

## Ceniza de Cola de Caballo

**Tabla 12:** Composición Química de la Cola de Caballo

<b>Componentes Químicos</b>	<b>Resultado (%)</b>
Oxido de silicio: SiO <sub>2</sub>	76.838%
Óxido de Hierro: Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.50%
Oxido de Aluminio: Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.835%
Oxido de Calcio: CaO	3.123%
Dióxido de Azufre: SO <sub>2</sub>	0.957%
Dióxido de Cloro: ClO <sub>2</sub>	0.206%
Óxido de Potasio: K <sub>2</sub> O	4.723%
Óxido de titanio: TiO <sub>2</sub>	0.387%
Óxido de Vanadio: V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.005%
Óxido de Cromo: Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.015%
Óxido de Magnesio: MnO	0.112%
Óxido de Zinc: ZnO	0.086%
Óxido de Estroncio: SrO	0.025%
Óxido de Rubidio: Rb <sub>2</sub> O	0.008%
Óxido de Itrio: Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.003%
Óxido de Circonio: ZrO <sub>2</sub>	0.031%
Óxido de Bario: BaO	0.091%

**Fuente:** Laboratorio de Arqueometría –San Marcos - Lima

**Mezcla de polvo de almeja (5%) + ceniza de cola de caballo (15%) + cemento (80%)**

**Tabla 13:** Composición Química de la Mezcla de PA+CCC+C

<b>Componentes Químicos</b>	<b>Resultado (%)</b>
Oxido de Aluminio: Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.180%
Oxido de silicio: SiO <sub>2</sub>	32.973%
Dióxido de Azufre: SO <sub>2</sub>	3.935%
Dióxido de Cloro: ClO <sub>2</sub>	0.553%
Óxido de Potasio: K <sub>2</sub> O	1.318%
Oxido de Calcio: CaO	47.668%
Óxido de titanio: TiO <sub>2</sub>	0.151%
Óxido de Cromo: Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.012%
Óxido de Magnesio: MnO	0.035%
Óxido de Hierro: Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.039%
Óxido de Níquel: Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.007%
Óxido de Cobre: CuO	0.015%
Óxido de Zinc: ZnO	0.039%
Óxido de Estroncio: SrO	0.070%
Dióxido de Zirconio: ZrO <sub>2</sub>	0.001%

**Fuente:** Laboratorio de Arqueometría –San Marcos – Lima

**Peso Específico**

Colocamos el frasco de Le Chatelier en el Baño María hasta, el cual permite determinar el volumen a una cierta masa (64gr).

**Polvo de Almeja**

$$v=21.5\text{cm}^3$$

$$=w/v$$

$$=64/21.5$$

$$=3.005$$

**Ceniza de Cola de Caballo**

$$= 64/23.2$$

$$=2.783$$

**Cemento 80% + Polvo de Almeja 5%+ 15% Ceniza de Cola de Caballo**

$$= 64/19.9$$

$$= 3.249$$

### Análisis de la Alcalinidad de los Materiales

Las soluciones acuosas preparadas, fueron sometidas a las mediciones de sus respectivos pH, utilizando un potenciómetro. Los resultados aparecen en la **Tabla 14** y de acuerdo a eso se compara con la Figura 03 para ver que el grado de acidez y alcalinidad.

**Tabla 14:** PH de los Materiales a Utilizar

MATERIAL	PH
Cemento	13.50
Polvo de Almeja	13.26
Ceniza de Cola de Caballo	9.97
80% Cemento +5% Polvo +15% Cenizas	13.49

**Fuente:** Laboratorio de Ensayos Clínicos “COLABA” S.A.C.



**Grafico 03:** Escala del Potencial de Hidrogeno

**Fuente:** Medicalia.org

### Proporciones en Pesos de las Pasta Cementantes

#### Proporciones de Materiales para Elaborar la Pasta Cementante patrón

**Tabla 15:** Proporciones de Materiales en Peso para Elaborar la Pasta Cementante patrón

Descripción	Relación	Aglomerante	Agua (gr)
	Agua/Cemento	Cemento (gr)	
Patrón	0.45	40.0	18.0

**Fuente:** Elaboración Propia

### Proceso de Fabricación de la Pasta Cementante Patrón

1. Primero se debe tener la relación de agua y cemento en este caso se usó la relación

$A/c = 0.45$ .

2. Se realiza la mezcla de pasta según la norma ASTM C 305-99.

Colocar la paleta mezcladora y el recipiente de mezcla secos, en la posición de trabajo y proceder el modo siguiente:

- \* Se vierte la totalidad del agua de amasado en el recipiente (tazón).
- \* Se agrega al cemento y se deja en reposo 30 segundos, para que observa el agua.
- \* Se mezcla a la velocidad lenta ( $140 \pm 5$  rpm) durante 30 segundos.
- \* Se detiene la mezcladora por 15 segundos, durante los cuales con el raspador, se pasa la pasta que se ha adherido a las paredes, al fondo del recipiente.
- \* Se mezcla a velocidad media ( $285 \pm 10$  rpm) durante 60 segundos.

### **Proporciones de Materiales para Elaborar la Pasta Cementante Experimental**

**Tabla 16:** Proporciones de Materiales en Peso para Elaborar la Pasta Experimental a una Sustitución por 5 % de Polvo de Almeja y 15 % por Ceniza de Cola de Caballo

<b>Descripción</b>	<b>Relación</b>		<b>Aglomerante</b>		<b>Agua (gr)</b>
	<b>Agua/Cemento</b>	<b>Cemento(gr)</b>	<b>Polvo de Almeja(gr)</b>	<b>Ceniza de Cola de Caballo(gr)</b>	
Exp – 20%	0.47 gr	32.0	2.0	6.0	18.0

**Fuente:** Elaboración Propia

**Nota:** La cantidad de 0.47gr de agua añadidos al diseño original obedeció a la trabajabilidad que debería tener la mezcla de pasta cementante.

### **Proceso de Fabricación de la Pasta Cementante Experimental a una Sustitución por 5 % de Polvo de Almeja y 15 % por Ceniza de Cola de Caballo**

- Los pasos del proceso de fabricación experimentales son los mismos que el proceso de la pasta patrón, lo que le diferencia es:

1. La relación de agua cemento = 0.47 gr
2. La dosificación del cemento porque se le quitara el 20 % de cemento. Para sustituir por 5% de polvo de almeja y 15% por ceniza de cola de caballo.

## Cálculo de la Cantidad del Polvo de Almeja

**Tabla 17:** Resultado del Polvo de Almeja en cada Proceso

Almeja	Calcinación del Polvo de almeja	Pasando por la Malla organza	Pasando por la malla #200
4200.0 gr	3922.8 gr	1325.2 gr	871.6 gr

**Fuente:** Elaboración Propia

## Cálculo de la cantidad de la Cola de Caballo:

**Tabla 18:** Resultado de la Ceniza de la Cola de Caballo en cada Proceso

Cola de caballo	pre calcinado	Calcinación de ceniza	Pasado por la malla #200
1000.15 gr	431.00 gr	295.4 gr	174.1 gr

**Fuente:** Elaboración Propia

## Resistencia a la Compresión de la Pasta Cementante

### Pasta Patrón

La resistencia a la compresión de la pasta patrones ensayados a los 3, 7, 28, 60 y 90 días se presentan a continuación de la Tabla 19, 20, 21, 22 y 23.

**Tabla 19:** Ensayo de Resistencia a la Compresión de las Pastas Cementante Patrón a los 3 días de Curado

MUESTRA	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	PESO AL DESENC.	PESO CURADO	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
P-1	323.34	21,8	24.3	579	179,07
P-2	328.78	22,4	24.1	558	169,72
P-3	309,15	22.5	24.2	545	176,29
<b>PROMEDIO</b>					<b>175,03</b>

**Fuente:** Laboratorio de Labicer - UNI

**Tabla 20:** Ensayo de Resistencia a la Compresión de las Pastas Cementante Patrón a los 7 días de Curado

MUESTRA	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	PESO AL DESENC.	PESO CURADO	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
P-4	318,26	23,1	25,1	656	206,12
P-5	318,57	22,7	24,5	648	203,41
P-6	317,94	22,0	24,6	686	215,76
<b>PROMEDIO</b>					<b>208,43</b>

Fuente: Laboratorio de Labicer - UNI

**Tabla 21:** Ensayo de Resistencia a la Compresión de las Pastas Cementante Patrón a los 28 días de Curado

MUESTRA	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	PESO AL DESENC.	PESO CURADO	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
P-7	326,21	22,2	22,7	941	288,46
P-8	314,47	21,5	23,1	912	290,01
P-9	304,81	21,9	23,1	915	300,19
<b>PROMEDIO</b>					<b>292,89</b>

Fuente: Laboratorio de Labicer – UNI

**Tabla 22:** Ensayo de Resistencia a la Compresión de las Pastas Cementante Patrón a los 60 días de Curado

MUESTRA	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	PESO AL DESENC.	PESO CURADO	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
P-10	323,34	22,6	24,3	1520	470,09
P-11	311,96	22,7	24,4	1480	474,42
P-12	323,66	22,9	24,8	1550	478,90
<b>PROMEDIO</b>					<b>474,47</b>

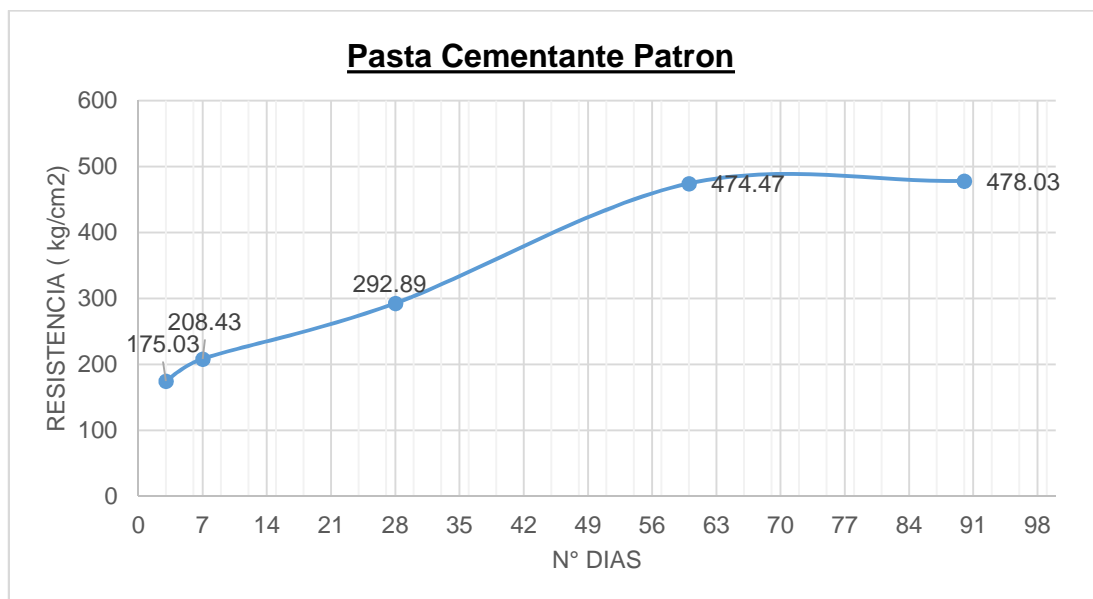
Fuente: Laboratorio de Labicer - UNI

**Tabla 23:** Ensayo de Resistencia a la Compresión de las Pastas Cementante Patrón a los 90 días de Curado

MUESTRA	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	PESO AL DESENC.	PESO CURADO	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
P-13	318,57	23,0	24,7	1530	480,27
P-14	316,05	22,5	24,0	1510	477,77
P-15	315,10	22,7	24,3	1500	476,04
<b>PROMEDIO</b>					<b>478,03</b>

Fuente: Laboratorio de Labicer – UNI

**Figura 05:** Curva de Pasta Cementante Patrón



**Fuente:** Elaboración Propia

### Pasta Experimental

La resistencia a la compresión de la pasta experimental ensayados a los 3, 7, 28, 60 y 90 días se presentan a continuación de la Tabla 24, 25, 26, 27 y 28

**Tabla 24:** Ensayo de Resistencia a la Compresión de las Pastas Cementante Experimental a los 3 días de Curado

MUESTRA	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	PESO AL DESENC.	PESO CURADO	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
E-1	316,05	22,5	24,0	885	280,02
E-2	322,70	22,6	23,4	915	283,55
E-3	314,47	22,7	23,5	900	286,20
<b>PROMEDIO</b>					<b>283,26</b>

**Fuente:** Laboratorio de Labicer – UNI

**Tabla 25:** Ensayo de Resistencia a la Compresión de las Pastas Cementante Experimental a los 7 días de Curado

MUESTRA	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	PESO AL DESENC.	PESO CURADO	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
E-4	313,22	22,5	23,7	1100	351,19
E-5	314,79	22,4	24,0	1070	339,91
E-6	315,42	22,3	23,5	1090	345,57
<b>PROMEDIO</b>					<b>345,56</b>

**Fuente:** Laboratorio de Labicer – UNI

**Tabla 26:** Ensayo de Resistencia a la Compresión de las Pastas Cementante Experimental a los 28 días de Curado

MUESTRA	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	PESO AL DESENC.	PESO CURADO	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
E-7	299,26	23,2	25,0	779	260,31
E-8	318,26	22,1	24,1	845	265,51
E-9	312,59	22,1	24,2	780	249,53
<b>PROMEDIO</b>					<b>258,45</b>

**Fuente:** Laboratorio de Labicer – UNI

**Tabla 27:** Ensayo de Resistencia a la Compresión de las Pastas Cementante Experimental a los 60 días de Curado

MUESTRA	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	PESO AL DESENC.	PESO CURADO	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
E-10	306,36	21,6	23,0	1130	368,85
E-11	313,22	21,7	23,3	1120	357,58
E-12	315,42	22,1	23,5	1110	351,91
<b>PROMEDIO</b>					<b>359,45</b>

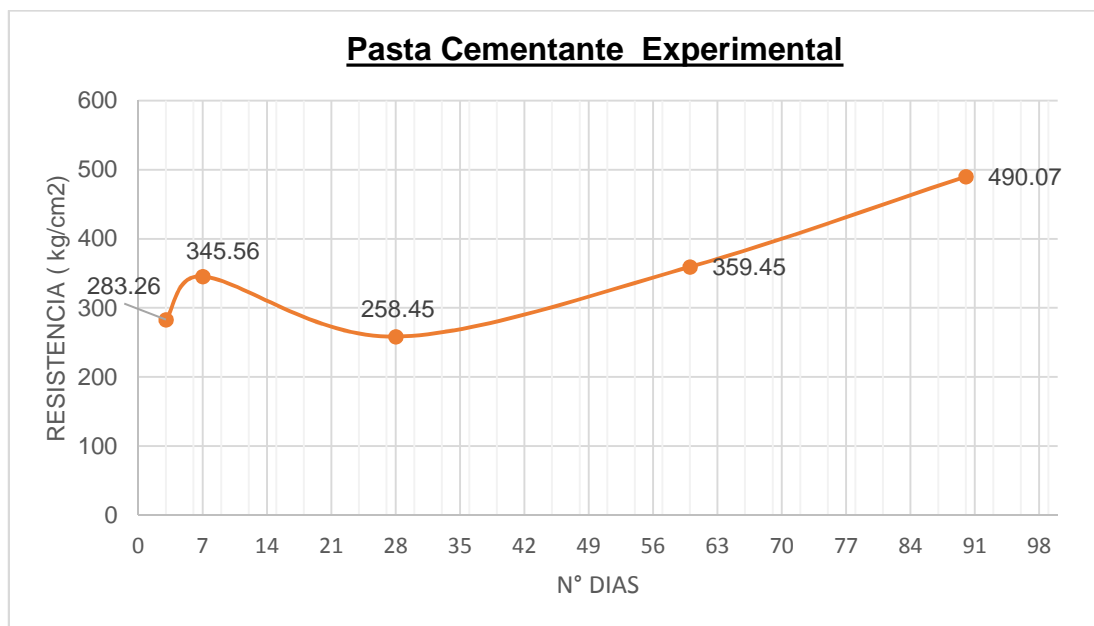
**Fuente:** Laboratorio de Labicer – UNI

**Tabla 28:** Ensayo de Resistencia a la Compresión de las Pastas Cementante Experimental a los 90 días de Curado

MUESTRA	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	PESO AL DESENC.	PESO CURADO	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
E-13	315,73	23,0	23,6	1540	487,76
E-14	311,03	23,3	23,6	1550	498,34
E-15	316,05	23,5	23,6	1530	484,10
<b>PROMEDIO</b>					<b>490,07</b>

**Fuente:** Laboratorio de Labicer – UNI

**Figura 06:** Curva de Pasta Cementante Experimental



**Fuente:** Elaboración Propia

**Tabla 29:** Cuadro Comparativo de Pasta Patrones y Experimentales

<b>Resistencia(kg/cm<sup>2</sup>)</b>		3 Días	7 Días	28 Días	60 Días	90 Días
DESCRIPCIÓN						
	PATRÓN	179,07	206,12	288,46	470,09	480,27
		169,72	203,41	290,01	474,42	477,77
		176,29	215,76	300,19	478,90	476,04
<b>Promedio</b>		<b>175,03</b>	<b>208,43</b>	<b>292,89</b>	<b>474,47</b>	<b>478,03</b>
EXPERIMENTAL 20%		280,02	351,19	260,31	368,85	487,76
(5% por polvo de almeja		283,55	339,91	265,51	357,58	498,34
y 15% por ceniza de cola		286,20	345,57	249,53	351,91	484,10
de caballo)						
<b>Promedio</b>		<b>283,26</b>	<b>345,56</b>	<b>258,45</b>	<b>359,45</b>	<b>490,07</b>

**Fuente:** Laboratorio Labicer (UNI)

En conclusión, se obtuvieron buenos resultados en los ensayos a la compresión de los pastas cementantes experimentales, teniendo en cuenta las resistencias, ya que logran superar en un 2,52% en un mezcla de PA (5%) +CCC (15%).

Esto se debe a la sustitución de Cemento que se realizó, a través del cual se tendría mejores propiedades gracias a los precursores puzolánicos.

## PRECISIÓN

**Tabla 30:** Medidas de Dispersión de la Pasta Cementante Patrón

N° DÍAS	Identificación de muestra	Resistencia compresión n (kg/cm <sup>2</sup> )	Prom.	Medidas de dispersión			Norma astm c 670		
				Var.	Desv. estándar	Coef. variación n 1s%	Rango de aceptación d2s%	Coef. variación n 1s%	Rango de acepta ción d2s%
3	P - 1	179,07	175,03	15,37	3,92	2,24	5,51	3,9	10,9
	P - 2	169,72							
	P - 3	176,29							
7	P - 4	206,12	208,43	28,09	5,30	2,54	6,07	3,9	10,9
	P - 5	203,41							
	P - 6	215,76							
	P - 7	288,46							
28	P - 8	290,01	292,89	27,07	5,20	1,77	4,07	3,8	10,6
	P - 9	300,19							
	P - 10	470,09							
60	P - 11	474,42	474,47	12,94	3,53	0,74	1,87	3,8	10,6
	P - 12	478,90							
	P - 13	480,27							
90	P - 14	477,77	478,03	3,02	1,74	0,36	0,89	3,8	10,6
	P - 15	476,04							
Promedio						1,53	3,68	3,84	10,72

**Fuente:** Elaboración Propia

Para validar las muestras de la pasta cementante patrón se considera lo estipulado en la norma ASTM C 670, pudiendo observar que el coeficiente de variación y el rango de aceptación se encuentra dentro de lo permisible como lo muestra la **Tabla 30**.

**Tabla 31:** Medidas de Dispersión de la Pasta Cementante en 20% de Sustitución

N° DÍAS	Identificación de muestra	Resistencia compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Medidas de dispersión				Norma astm c 670		
			Prom.	Var.	Desv. estándar	Coef. variación n 1s%	Rango de aceptación d2s%	Coef. variación n 1s%	Rango de acepta ción d2s%
3	E - 1	280,02	283,26	6,41	2,53	0,89	2,21	3,9	10,9
	E - 2	283,55							
	E - 3	286,20							
7	E - 4	351,19	345,56	21,21	4,61	1,33	3,32	3,9	10,9
	E - 5	339,91							
	E - 6	345,57							
	E - 7	260,31							
28	E - 8	265,51	258,45	44,29	6,66	2,58	6,40	3,8	10,6
	E - 9	249,53							
	E - 10	368,85							
60	E - 11	357,58	359,45	49,57	7,04	1,96	4,81	3,8	10,6
	E - 12	351,91							
	E - 13	487,76							
90	E - 14	498,34	490,07	36,46	6,04	1,23	2,94	3,8	10,6
	E - 15	484,10							
Promedio						1,60	3,94	3,84	10,72

**Fuente:** Elaboración Propia

Para validar las muestras de la pasta cementante se considera lo estipulado en la norma ASTM C 670, pudiendo observar que el coeficiente de variación y el rango de aceptación se encuentra dentro de lo permisible como lo muestra la **Tabla 31**.

**Tabla 32:** Resistencia a la compresión de una pasta cementante con sustitución de cemento por una mezcla (5% de polvo de almeja y 15% por ceniza de cola de caballo)

RESISTENCIA DE PASTAS CEMENTANTES		
Días de curado	Patrón	Experimental
3	175,03	283,26
7	208,43	345,56
28	292,89	258,45
60	474,47	359,45
90	478,03	490,07

**Fuente:** Resultados de los Ensayos del Laboratorio Labicer – UNI

En la **Tabla 32** se puede apreciar que las resistencias a la compresión de los especímenes de pastas cementantes son mayores a los 90 días de curado.

Después de verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad Shapiro-Wilk (con  $p > 0.05$  para todas las muestras) y homogeneidad de varianzas (Prueba F,  $p > 0.05$ ) de las resistencias medias obtenidas en los especímenes de pastas cementante para cada tratamiento (sustitución de un porcentaje de cemento (5% de polvo de almeja y 15% de ceniza de cola de caballo) se procedió a realizar la prueba ANOVA.

**Tabla 33:** Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de los especímenes de pastas cementantes.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Sustitución (mezcla polvo almeja y ceniza cola de caballo)	1165,536	1	1165,536	,218	,665
Días de curado	94025,263	4	23506,316	4,400	,090
Error	21371,686	4	5342,922		
Total	116562,486	9			

**Fuente:** Resultados de las ensayos del laboratorio Labicer –UNI

En la **Tabla 33** se puede visualizar que el  $p\text{-value} > \alpha$  ( $p=0.665$ ,  $p>0.05$ ) entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para no rechazar la hipótesis nula. Por lo que podemos concluir que con nivel de 5% de significancia las resistencias medias en  $\text{kg/cm}^2$  logradas en los especímenes de pasta cementante, con sustitución del cemento en 0%, y 20%, por una mezcla de polvo de almeja y ceniza de cola de caballo, no son significativamente diferentes. Es decir no existe una diferencia altamente significativa entre las resistencias medias de los especímenes de pasta.

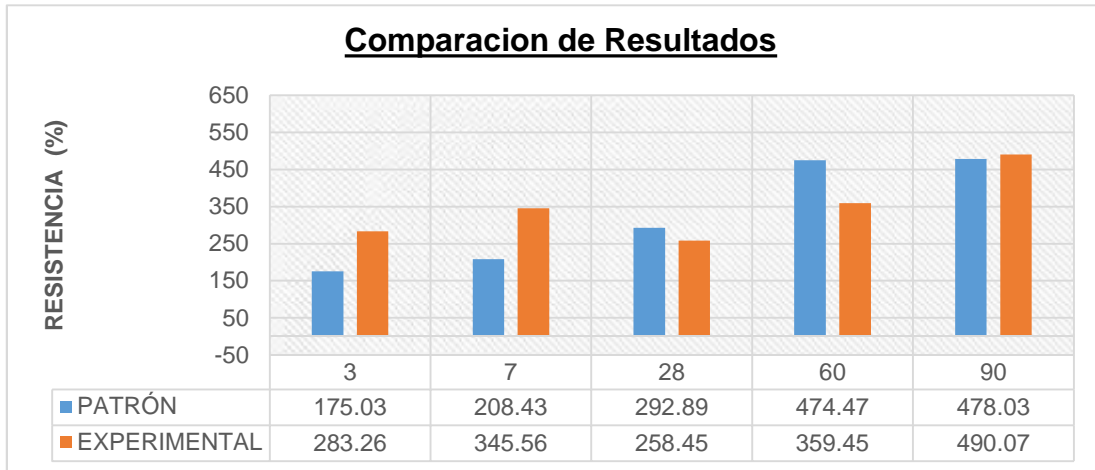
También se tienen que para los días de curado  $p=0.090$ , entonces podemos decir que hay una tendencia a que las resistencias medias de los especímenes de pasta cementante sean diferentes a consecuencia de los días de curado.

## IV. Análisis y Discusión

### Análisis de los resultados por Grafico de barras y de curvas.

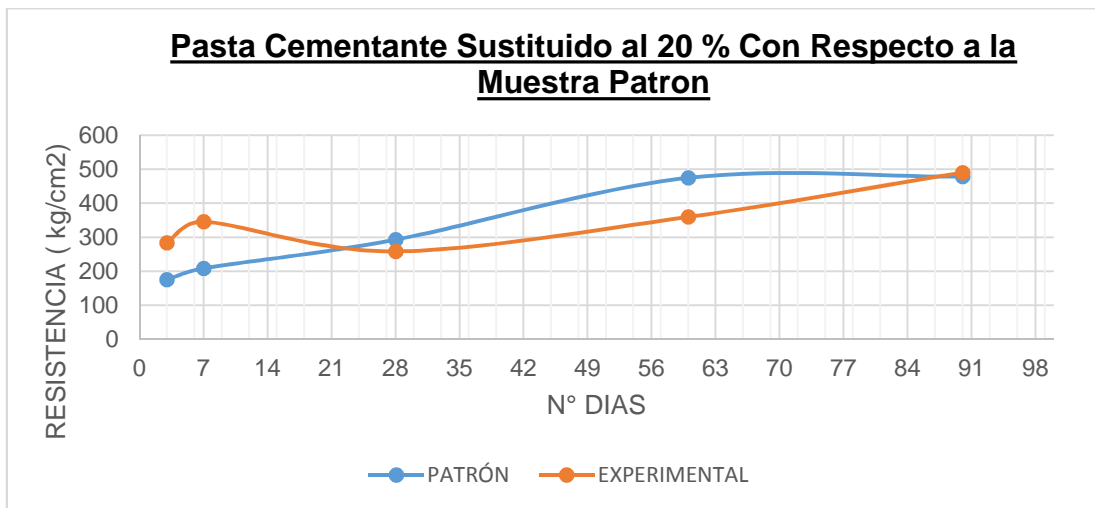
Los valores de **Tabla 29** de las resistencias promedio del pasta cementante patrón y experimental se ha plasmado en la **Grafico 07** que se muestra a continuación.

**Figura 07:** Comparación de Resultados Patrón y Experimenta - Barras



**Fuente:** Elaboración Propia

**Gráfico 08:** Comparación de Resultados Patrón y Experimental - Curvas



**Fuente:** Elaboración Propia

**NOTA:** Se puede apreciar la comparación de los resultados mediante las gráficas barras y curvas establecidas anteriormente, que dicha finalidad fue seguir el avance de la pasta cementante patrón y experimental a los 3, 7, 28, 60 y 90 días de curado.

De acuerdo al análisis térmico diferencial donde se realizó para determinar a qué temperatura las conchas de almeja cambian de fase, según el análisis termo gravimétrico en el Grafico 01, nos muestra una estabilidad térmica de la muestra hasta los 700°C y a partir de esta aparece una caída de la masa hasta los 820°C donde el material llega a perder un total de 30% de su masa respecto al inicial, y de acuerdo al análisis calorimétrica la curva muestra un pico endotérmico a aproximadamente 100°C y 240°C ,posteriormente se muestra un pico endotérmico que inicia a 820°C donde se produce el cambio de fase del material.

Al realizar el análisis térmico diferencial de la cola de caballo, según en el análisis termo gravimétrico en la Grafico 03, donde se aprecia una pendiente pronunciada entre 80 y 130°C que representa la pérdida de la humedad característico del proceso de secado; también se aprecia una pendiente pronunciado entre 460 y 560°C que corresponde a la descomposición de silicio. Produciéndose una pérdida aproximada del 40% de su masa inicial.

Y de acuerdo al análisis calorimétrico en la Grafico 04, se aprecia un pico endotérmico aproximadamente en 100 y 220°C que corrobora la pérdida del agua físicamente adherida al material; y un segundo pico endotérmico alrededor de 520°C que presenta el rompimiento de la estructura cristalina de la cola de caballo es decir su deshidroxilación para conformar un material aproximadamente amorfo y de carácter puzolánicos,

La activación térmica del polvo de concha de abanico a los 750°C por 1.5 horas, permitió convertir su contenido de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) en su fase activa de óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) el cual al ser mezclado en la mezcla de pasta, aportara los elementos puzolánicos de Hidróxidos de calcio, y la temperatura de calcinación de la ceniza de la cola de caballo a 520°C por 2 horas, garantiza en un gran porcentaje la conservación de la estructura amorfa de la sílice.

En la Tabla 11, se puede apreciar que el polvo de almeja tiene dentro de sus componentes químicos más importantes a los óxidos de calcio en 86,373%, aluminio en 4.873 % y hierro en 0.013%, estos valores permiten estimar la actividad puzolánicos de este material bajo el estándar de la ASTM C 618 , el cual menciona que la suma de los óxidos de calcio, aluminio y hierro deben superar el 70 % para que un material pueda considerarse como

un material puzolánicos , en este caso la suma porcentuales de los óxidos es de 94.26% que supera en un 24.26 % el criterio de puzolanidad ya mencionado, es decir el proceso realizado para la activación del material ha permitido obtener un material de gran reactividad puzolánicos que al combinarse con los óxidos activados de calcio presentes en el cemento, silicio en la ceniza de cola de caballo (en un 93.30%) y en sus combinaciones (en un 93.86%) originarían un material cementante.

En la Tabla 13 se muestra el PH de los materiales utilizados como el polvo de con un valor de 13.26, ceniza de la cola de caballo con 9.97, el cemento 13.5, las combinaciones de 20% de sustitución con 13.5 de PH, observando valores alcalinos que permitirán la reacción con el cemento para poder alcanzar las resistencias óptimas deseables, ya que debemos tener en cuenta que la activación alcalina de materiales silico aluminosos con disoluciones fuertemente alcalinas tras un corto periodo de curado permiten obtener un material con buenas propiedades cementantes. Según el manual de inspecciones técnicas de edificios el cemento portland tiene un PH entre 12,6 a 14, las muestras obtenidas del PH del material aglomerante a utilizar permanecen en este rango, lo cual es favorable al mantener un material alcalino lo que ayudará a mejorar la resistencia a la pasta cementante.

En el Grafico 08, se observa como aumento la resistencia en un 2,52 % a los 90 días de curado, con un valor de 490,07 kg/cm<sup>2</sup>, esto es debido a la presencia de silicato Tricàlcico, a los 28 y 60 días dieron una resistencia de 345.56 kg/cm<sup>2</sup> y 258.45 kg/cm<sup>2</sup>, lo que disminuyo en un 11,76% y 24,24% con respecto al patrón. De manera que este comportamiento es una respuesta a que no fueron debidamente mezclados, el inadecuando porcentaje de óxido de azufre lo que genera una falso fraguado. En el caso a mayor días se pone de manifiesto en cuanto a la velocidad de hidratación, fraguado y endurecimiento es más lento logrando alcanzar resistencias favorables y obteniendo el máximo valor a los 90 días, esto se produce por las reacciones de materiales puzolánicos, en este caso se produce una rotura del enlace SiO y CaO de la puzolana por efecto de los iones OH<sup>-</sup> producidos en la hidratación del cemento y la reacción de los iones silicato cálcico en la disolución.

## V. Conclusiones

**En la presente investigación de llego a las siguientes conclusiones:**

Calcinando el polvo de almeja 750°C por 1.5 horas y la ceniza de la cola de caballo a 520°C por 2 horas; y moliéndolas ambas a 0.0075 mm se alcanzaron los siguientes niveles de activación: 86.373% de óxido de calcio, 4,873% aluminio y hierro en 0.154% para el polvo de concha de almeja. Para las cenizas de cola de caballo se obtuvieron (93,30%).y para la combinaciones (93.86%).estos valores permiten estimar la actividad puzolánicos de este material bajo el estándar de la ASTM C 618, el cual menciona que la suma de los óxidos de calcio, aluminio y hierro deben superar el 70 % para que un material pueda considerarse como un material puzolánicos. En este caso superan en un 23,86 % el criterio de puzolanidad ya mencionado, es decir que al combinarse con los óxidos del cemento originaran un material cementante.

La alta reactividad de los materiales a usarse en el proyecto (polvo de almeja y ceniza de cola de caballo), como se muestra en los resultados de PH. Lo cual género que la combinación de ambos materiales al estar en contacto con el agua y cemento alcance un PH altamente reactivo de 13.50, convirtiéndolo en un material alcalino. Según el manual de inspecciones técnicas de edificios el cemento portland tiene un PH entre 12,6 a 14, las muestras obtenidas del PH del material aglomerante a utilizar permanecen en este rango, lo cual es favorable al mantener un material alcalino lo que ayudará a mejorar la resistencia a la pasta cementante.

La mezcla de 20% del polvo de almeja y ceniza de cola de caballo mejoran la resistencia a la compresión a los 90 días alcanzando un valor de 490,07kg/cm<sup>2</sup> superando en un 2,52% en comparación de una pasta patrón.

## **VI. Recomendaciones**

**Se considera las siguientes recomendaciones:**

Se puede optimizar los resultados de las cenizas de la cola de caballo, analizando a otras temperaturas y a diferentes tiempos.

Para la distribución de las partículas uniformemente se recomienda hacer un mezclado mecánicamente.

Reducir el óxido de potasio y azufre de la ceniza de la cola de caballo y de la mezcla antes de ser utilizada, a través de algún aditivo, o aumentando la temperatura de activación.

Utilizar otros porcentajes y en otras proporciones de la sustitución de cemento por la combinación de polvo de almeja y ceniza de cola de caballo por ejemplo 15% y 45% para así tener un panorama más amplio en el estudio de estos materiales.

## **VII. Agradecimiento**

Agradezco a Dios por las oportunidades que pone en mi camino a diario, por otorgarme fortaleza, amor y humildad, herramientas necesarias para alcanzar el éxito personal y laboral.

A la Universidad San Pedro por haberme aceptado ser parte de ella y abierto las puertas de su seno científico para poder estudiar mi carrera profesional.

A toda mi familia por el apoyo incondicional que me brindaron, por sus consejos y por no dejarme rendir.

A los diferentes docentes por brindarnos sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día.

Al personal del Laboratorio de Suelos de la Universidad San Pedro por prestarnos su apoyo y facilitarnos sus instalaciones para llevar a cabo ésta investigación.

A todos mis compañeros y amigos de clase durante todos los niveles de universidad ya que gracias a su amistad y apoyo moral han aportado en un alto porcentaje mis ganas de salir adelante.

Y a todos los que de alguna manera me apoyaron en la realización mi trabajo muchas gracias.

**CRISTHIAN JAROSLAW SOLIS JARA**

## VIII. Referencia Bibliográfica

- ASTM C 618. (2005). Especificación normalizada para Ceniza Volante de Carbón y Puzolana natural en Crudo o Calcinada para Uso específico. Recuperado de <ftp://ftp.ecn.purdue.edu/olek/PTanikela/To%20Prof.%20Olek/ASTM%20standards>.
- American Society for Testing and Materials, (ASTM). C150, 2007. Especificación estándar para el cemento portland.
- Balarezo, G. (2016). Resistencia en mortero con cemento sustituyendo en 5% por ceniza de ramas de cola de caballo (*Equisetum Arvenses*).
- Fernanda, C. (2014). Materiales cementicios. Recuperado de <http://www.fceia.unr.edu.ar/~fermar/Apuntes%20Tecnolog%C3%ADa%20del%20Hormig%C3%B3n%20UTN%20FRSF/Unidad%202%20MATERIALES%20CEMENTICIOS.pdf>.
- Gierlinger, N.; Sapei, L.; Paris, O. (2007). Miradas a la composición química de *Equisetum* por imágenes de roman. Recuperado de [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2756348/pdf/425\\_2007\\_Article\\_671.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2756348/pdf/425_2007_Article_671.pdf).
- Georg, W. (2001). Información TA: interpretación de curvas TGA. Recuperado de [http://es.mt.com/mt\\_ext\\_files/Editorial/Generic/3/TA\\_UserCom13\\_0240929710242401\\_files/tausc13s.pdf](http://es.mt.com/mt_ext_files/Editorial/Generic/3/TA_UserCom13_0240929710242401_files/tausc13s.pdf)
- Herruela, F. (2014). Contenidos formativos de certificados de profesionalidad Pastas, morteros, adhesivos y hormigones (1a ed.) .España: Tornapunta Ediciones, S.L.U. recuperado [http://libreria.fundacionlaboral.org/ExtPublicaciones/CP\\_PASTAS\\_MORTEROS.pdf](http://libreria.fundacionlaboral.org/ExtPublicaciones/CP_PASTAS_MORTEROS.pdf).
- Ismail, S., Ahmed, A, Reddy, A. & Hamdan, S. (2015). Producción de biodiesel a partir de aceite de ricino mediante el uso de óxido de calcio derivado de la almeja Shell-Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Malaysia Sarawak (UNIMAS). Recuperado de <https://www.hindawi.com/journals/jre/2016/5274917/>.

- IMARPE. (2016).instituto del mar del Perú. Recuperado de <http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/>.
- Marin, N., Benjamin, M. (2012). La formación y biomineralización de la concha de moluscos.[https://www.researchgate.net/publication/51925970\\_The\\_formation\\_and\\_mineralization\\_of\\_mollusk\\_shell](https://www.researchgate.net/publication/51925970_The_formation_and_mineralization_of_mollusk_shell).
- NTP334.009. (2013).Cementos portland adiciones, requisitos. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/342117099/NTP-334-090-Cemento-Portland-Adicionado-pdf>.
- NTP-334.088 (1986).agua para morteros y hormigones de cemento portland Requisitos. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/260525678/AGUA-N-T-P-339-088-docx>.
- Thomas, F., Jennings, H. (2009). Material of Cemenet Science Primer. Recuperado de <http://iti.northwestern.edu/publications/utc/tea-21/FR-5-Jennings-Thomas.pdf>
- Taylor, H. (1997).cement chemistry.
- Yu yan, C., & zhon Quiang, Z. (2011).Estructura y propiedades caracterización de cascaras de conchas como material cementante. Recuperado de <file:///D:/ATD1/EFECTO%20DE%20LA%20CONCHA%20DE%20MAR%20EN%20LA%20PASTA/Structure%20and%20Property%20Characterization%20of%20Oyster%20Shell%20Cementing%20Material.pdf>.

## IX. Anexo y Apéndice

### Anexo 01: Análisis Térmico Diferencial del Polvo de Almeja



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO  
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERÍA  
Laboratorio de Polímeros

Trujillo, 22 de Abril del 2017

INFORME N° 41 - ABR 17

Solicitante: Solis Jara -Universidad San Pedro Chimbote

RUC/DNI: .....

Supervisor: .....

#### 1. MUESTRA: Polvo de Almeja (1 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	PA-41A	44.8 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: 44.8 mg.

Jefe de Laboratorio:

Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable:

Ing. Danny Chávez Novoa

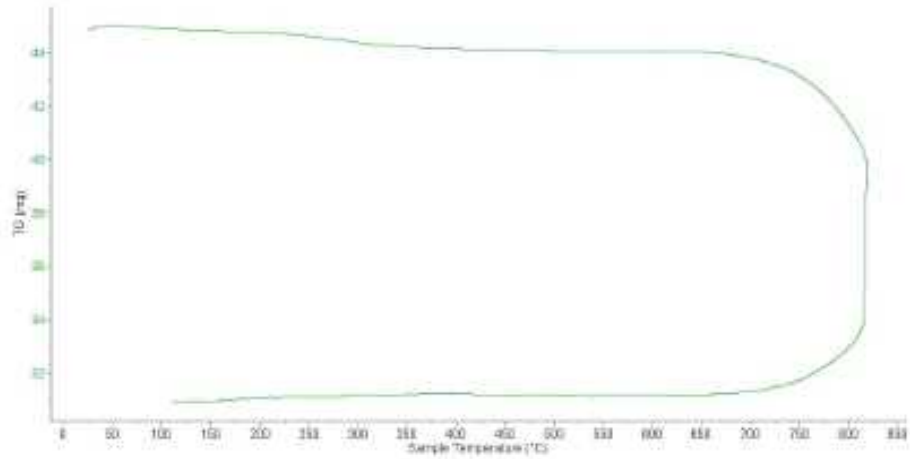


Trujillo, 22 de Abril del 2017

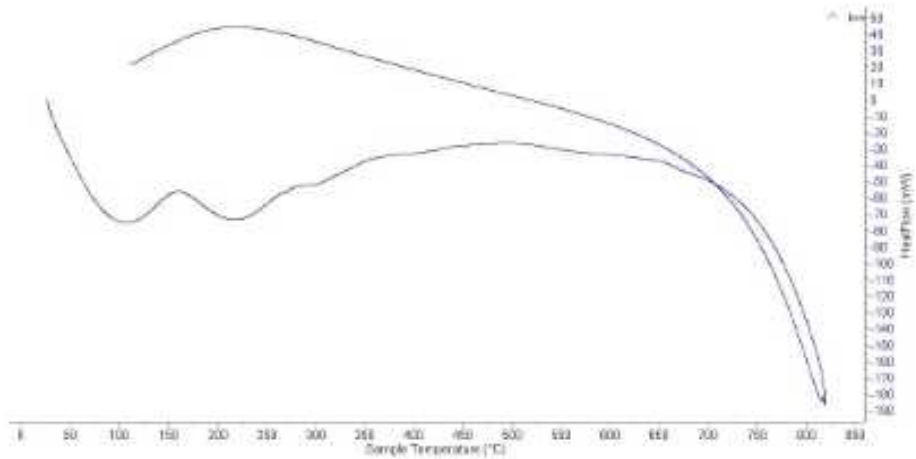
INFORME N° 41 - ABR 17

#### 4. Resultados:

##### I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico.



##### II- Curva Calorimétrica ATD





Trujillo, 22 de Abril del 2017

**INFORME N° 41 - ABR 17**

**5. CONCLUSION:**

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra una importante estabilidad térmica marcada, por cuanto su masa se mantiene estable sin pérdida significativa de la misma en el rango de temperatura desde Temperatura ambiente hasta aproximadamente 750°C, que a partir del cual aparenta un descenso de la masa.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, la curva muestra una (1) ligera región endotérmica a aproximadamente a 100°C y otra (1) región entre 190°C y 240°C. Posteriormente en torno a 820 parece tener un descenso del flujo calorífico que podría indicar cambio en las características del material analizado.

Trujillo, 22 de Abril del 2017

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

## Anexo 02: Análisis Térmico Diferencial de ceniza de Cola de Caballo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO  
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERÍA  
Laboratorio de Polímeros

Trujillo, 30 de setiembre del 2017

**INFORME N° 106 - SET 17**

**Solicitante:** Solís Jara Cristian - Universidad San Pedro

**RUC/DNI:** .....

**Supervisor:** .....

### 1. MUESTRA: Cola de caballo (1 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CC-106S	39.2 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 – 820 °C.
- Masa de muestra analizada: 39.2 mg.

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

**Analista responsable:** Ing. Danny Chávez Novoa

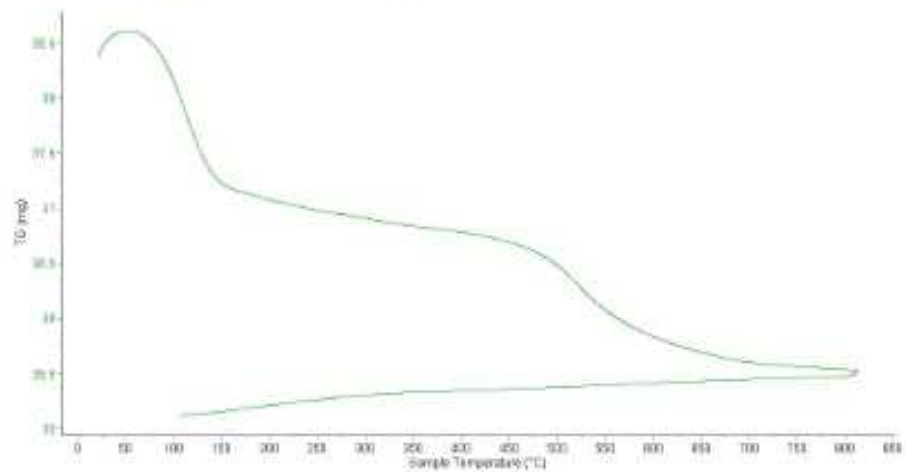


Trujillo, 30 de setiembre del 2017

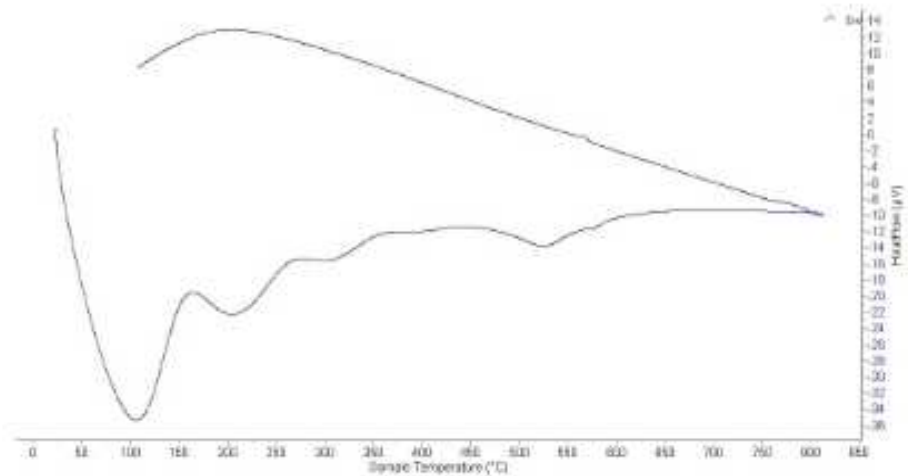
INFORME N° 106 - SET 17

#### 4. Resultados:

##### I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico.



##### II- Curva Calorimétrica ATD





Trujillo, 30 de setiembre del 2017

**INFORME N° 106 - SET 17**

**5. CONCLUSION:**

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra dos importantes caída de masa del material, la primera transcurre entre 80 y 130°C, y la segunda entre 460 y 560°C, el material manifiesta una pérdida total de aproximadamente 8 % respecto a su masa inicial cuando se alcanza la máxima temperatura de ensayo.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se muestra unas bandas endotérmicas a 100 y 220 ° C, posteriormente a 520°C se muestra un ligero pico endotérmico que indicaría algún posible cambio de fase y cambio en las características del material.

Trujillo, 30 de setiembre del 2017

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

## Anexo 03: Análisis Químico del Polvo de Almeja



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**Laboratorio de Arqueometría**

**Informe N°75-LAQ/2017**

### **Análisis de una muestra de polvo de almejas por FRXDE**

#### **Introducción.**

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de polvo almeja a pedido del Sr. Solís Jara, Christian, alumno de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

**“Resistencia de una Pasta Cementante Sustituyendo 5% por Polvo de Almeja (semele sp.) y 15% por Ceniza de Cola de Caballo.”**

La muestra está en forma de grano fino de color blanco.

#### **Arreglo experimental.**

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 10  $\mu$ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 6630 cts/s

Esta técnica permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg (Z=12) no pueden ser registrados en el espectro.

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS  
Laboratorio de Arqueometría

---

componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene..

La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersados por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio y selenio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

**Resultados.**

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de polvo de almejas. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en el proceso de calcinación y luego se normalizan para dar un total de 100%. Debe recalarse que la técnica da directamente la concentración de los elementos químicos. Estos resultados se utilizan luego para determinar la concentración de los óxidos.



Tabla 1. Composición elemental de la muestra de polvo de almejas  
en % de masa.

Óxido	% masa	Normalizado
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.201	4.873
ClO <sub>2</sub>	0.101	0.154
K <sub>2</sub> O	0.103	0.156
CaO	56.743	86.373
TiO <sub>2</sub>	0.015	0.023
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.008	0.013
SrO	0.123	0.186
Totales	60.293	100.00

La suma en términos de contenido de óxidos es menor que 100% indicando que puede haber compuestos de Na y/o Mg que no se han detectado por esta técnica y/o la ceniza contiene compuestos diferentes que óxidos, por ejemplo carbonatos, y/o hay una deficiencia en la calibración del instrumento. Para aclarar esta situación se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X para determinar los compuestos que contiene la muestra con mayor precisión.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS  
Laboratorio de Arqueometría

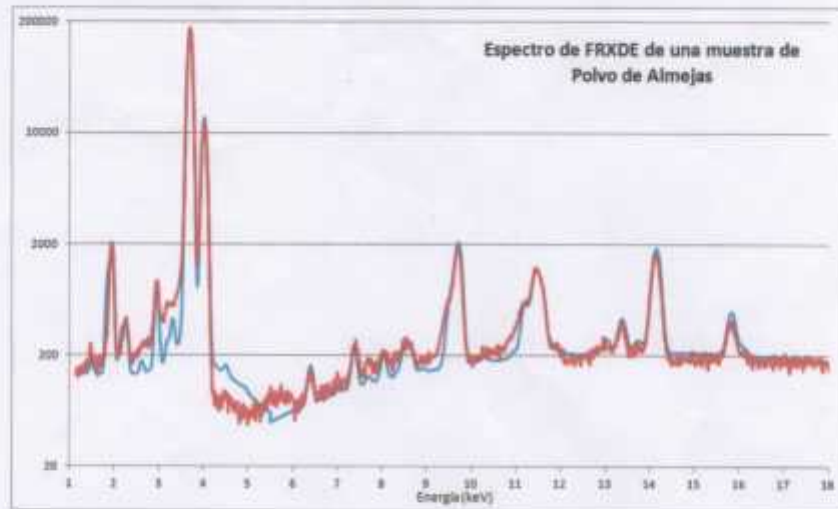


Figura 1. Espectro de FRXDE de una muestra de polvo de almejas en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos  
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 09 de noviembre del 2017

## Anexo 04: Análisis Químico de la Ceniza de la Cola de Caballo



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**Laboratorio de Arqueometría**

**Informe N°76-LAQ/2017**

### **Análisis de una muestra de ceniza de cola de caballo por FRXDE**

#### **Introducción.**

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de ceniza de cola de caballo a pedido del Sr. Jara, Christian Jaroslav, alumno de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

**“Resistencia de una Pasta Cementante Sustituyendo 5% por Polvo de Almeja (*semele sp*) y 15% por Ceniza de Cola de Caballo.”**

La muestra está en forma de grano fino de color gris oscuro.

#### **Arreglo experimental.**

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15  $\mu$ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 3100 cts/s

Esta técnica permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg (Z=12) no pueden ser registrados en el espectro.

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**Laboratorio de Arqueometría**

---

muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene..

La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersados por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio y selenio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

**Resultados.**

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de ceniza de cola de caballo. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en el proceso de calcinación y luego se normalizan para dar un total de 100%. Debe recalarse que la técnica da directamente la concentración de los elementos químicos. Estos resultados se utilizan luego para determinar la concentración de los óxidos.



Tabla 1. Composición elemental de la muestra de ceniza de cola de caballo  
en % de masa.

Óxido	% masa	Normalizado
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.201	8.835
SiO <sub>2</sub>	53.925	76.838
SO <sub>2</sub>	0.671	0.957
ClO <sub>2</sub>	0.144	0.206
K <sub>2</sub> O	3.315	4.723
CaO	2.192	3.123
TiO <sub>2</sub>	0.271	0.387
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.004	0.005
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.010	0.015
MnO	0.078	0.112
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.158	4.500
ZnO	0.060	0.086
SrO	0.017	0.025
Rb <sub>2</sub> O	0.005	0.008
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.002	0.003
ZrO <sub>2</sub>	0.022	0.031
BaO	0.064	0.091
Totales	70.180	100.00

La suma en términos de contenido de óxidos es menor que 100% indicando que la ceniza puede contener compuestos de Na y Mg que esta técnica no detecta y/o contiene compuestos diferentes de óxidos y/o hay una deficiencia en la calibración del instrumento. Para aclarar esta situación se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X para determinar los compuestos que contiene la muestra.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS  
Laboratorio de Arqueometría

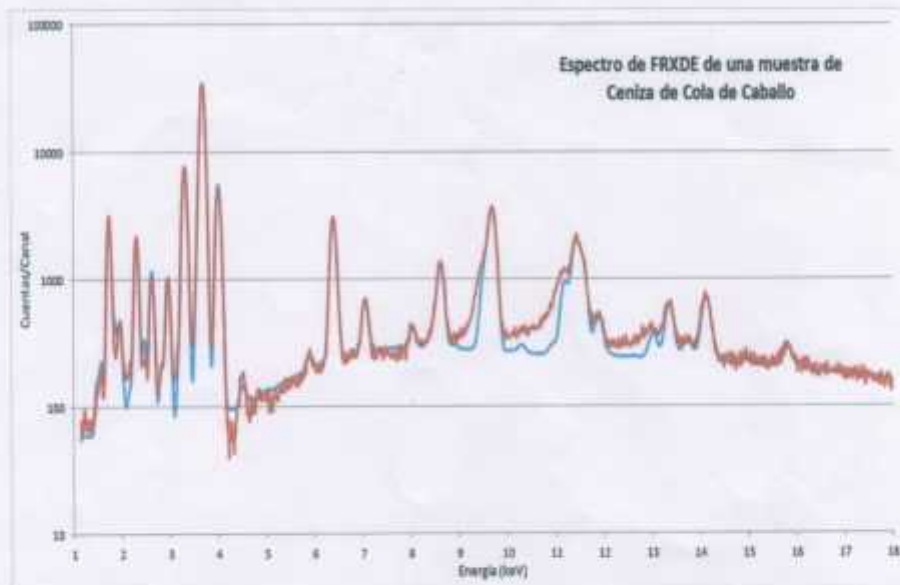


Figura 1. Espectro de FRXDE de una muestra de ceniza de cola de caballo en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos  
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 08 de noviembre del 2017

**Anexo 05:** Análisis Químico de la Mezcla de cemento + polvo de almeja + ceniza de cola de caballo



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**Laboratorio de Arqueometría**

---

**Informe N°05-LAQ/2018**

**Análisis de una mezcla de cemento, polvo de almeja y ceniza de cola de caballo por FRXDE**

**Introducción.**

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) de una muestra de cemento, polvo de almeja y ceniza de cola de caballo a pedido del Sr. Solís Jara, Cristhian Jaroslaw, alumno de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

**"Resistencia de una Pasta Cementante Sustituyendo 5% por Polvo de Almeja (*semele sp*) y 15% por Ceniza de Cola de Caballo."**

La muestra está en forma de grano fino de color plomo.

**Arreglo experimental.**

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15  $\mu$ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 7860 cts/s

Esta técnica permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg (Z=12) no pueden ser registrados en el espectro.

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como

1



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**Laboratorio de Archeometría**

**Informe N°05-LAQ/2018**

**Análisis de una mezcla de cemento, polvo de almeja y ceniza de cola de caballo por FRXDE**

**Introducción.**

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) de una muestra de cemento, polvo de almeja y ceniza de cola de caballo a pedido del Sr. Solis Jara, Cristhian Jaroslaw, alumno de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

**“Resistencia de una Pasta Cementante Sustituyendo 5% por Polvo de Almeja (*semele sp*) y 15% por Ceniza de Cola de Caballo.”**

La muestra está en forma de grano fino de color plomo.

**Arreglo experimental.**

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15  $\mu$ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 7860 cts/s

Esta técnica permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg (Z=12) no pueden ser registrados en el espectro.

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como



## UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

### FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

#### Laboratorio de Arqueometría

recalcarse que la técnica da directamente la concentración de los elementos químicos. Estos resultados se utilizan luego para determinar la concentración de los óxidos.

Tabla 1. Composición elemental de la mezcla de cemento con 5% de polvo de almeja y 15% de ceniza de cola de caballo en % de masa.

Óxido	% masa	Normalizado
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.683	11.180
SiO <sub>2</sub>	31.506	32.973
SO <sub>2</sub>	3.760	3.935
ClO <sub>2</sub>	0.528	0.553
K <sub>2</sub> O	1.259	1.318
CaO	45.548	47.668
TiO <sub>2</sub>	0.144	0.151
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.012	0.012
MnO	0.034	0.035
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.948	2.039
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.007	0.007
CuO	0.015	0.015
ZnO	0.037	0.039
SrO	0.067	0.070
ZrO <sub>2</sub>	0.001	0.001
Totales	95.552	100.00

La suma en términos de contenido de óxidos es algo menor que 100%. Es probable que la muestra esté constituida en parte por Na y/o Mg que esta técnica no puede identificar y/o por compuestos diferentes que óxidos y/o hay una deficiencia en la calibración del instrumento. Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X para determinar los compuestos que contiene la muestra con mayor precisión.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS  
Laboratorio de Arqueometría



Figura 1. Espectro de FRXDE de una mezcla de cemento con polvo de almeja (5%) y ceniza de cola de caballo (15%) en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos  
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 24 de enero del 2018

**Anexo 06:** Análisis de PH del Polvo de Almeja, Ceniza de Cola de Caballo, Cemento tipo I y sus combinaciones.



**CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES**  
**“COLECBI” S.A.C.**  
REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCER

---

**INFORME DE ENSAYO N° 201701023-010**

Pág. 1 de 1

<p>SOLICITADO POR: SOLIS JARA CRISTIAN</p> <p>DIRECCIÓN: Los Pinos Jr. Hieracocha - Chimbote</p> <p>PRODUCTO DECLARADO: ABAJO INDICADOS.</p> <p>CANTIDAD DE MUESTRA: 04 muestras</p> <p>PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA: En bolsa de polietileno cerrada.</p> <p>FECHA DE RECEPCIÓN: 2017-10-23</p> <p>FECHA DE INICIO DEL ENSAYO: 2017-10-23</p> <p>FECHA DE TERMINO DEL ENSAYO: 2017-10-23</p> <p>CONDICIÓN DE LA MUESTRA: En buen estado.</p> <p>ENSAYOS REALIZADOS EN: Laboratorio de Físico Químico.</p> <p>CÓDIGO COLECBI: SS 171023-9</p>	
---	--

**RESULTADOS**

**RESISTENCIA DE UNA PASTA CEMENTANTE SUSTITUYENDO 3% POR POLVO DE ALMEJA (SEMELE S.P) Y 15% POR CENIZA DE COLA DE CABALLO\***

MUESTRAS	ENSAYO
	pH
CEMENTO TIPO I	13,50
POLVO DE ALMEJA	13,20
CENIZA DE COLA DE CABALLO	9,97
POLVO DE ALMEJA 0,5gr + CENIZA DE COLA DE CABALLO 1,5 + CEMENTO 8gr	13,49

**METODOLOGÍA EMPLEADA**  
 pH : Potenciométrico

**NOTA:**

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como parte del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Octubre 24 del 2017.  
 DVY/jms



Dennis M. Vargas Yepéz  
 Jefe de Laboratorio  
 Físico Químico  
 COLECBI S.A.C.

LC-44°-HSE  
 Rev. 04  
 Fecha: 2015-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

---

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt 7 - I Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752  
 Nextel: 839\*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127  
 e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente\_colecbi@speedy.com.pe  
 Web: www.colecbi.com

Anexo 07: Análisis Realizados en la Universidad San Pedro

 **UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

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

**ANÁLISIS DE LABORATORIO**

SOLICITADO POR : BACH. SOLIS JARA CRISTHIAN JAROSLAW  
ASUNTO : Calcinación de Muestras  
FECHA DE RECEPCION : 05/10/17  
FECHA DE ENTREGA : 06/10/17

Descripción	Proceso	Temperatura (°C)	Tiempo	Peso inicial (gr)	Peso final (gr)
Polvo de concha de almeja "semele sp"	Calcinación	750	1.50 min	321.50	284.00

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

Chimbote, 05 de febrero de 2018

[www.usanpedro.edu.pe](http://www.usanpedro.edu.pe) Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B-1/n - Chimbote  
Del: 890579937  
Email: [imsyem@usanpedro.edu.pe](mailto:imsyem@usanpedro.edu.pe)



**ANÁLISIS DE LABORATORIO**

SOLICITADO POR : BACH. SOLIS JARA CRISTHIAN JAROSLAW  
ASUNTO : Calcinación de Muestras  
FECHA DE RECEPCION : 06/10/17  
FECHA DE ENTREGA : 09/10/17

Descripción	Proceso	Temperatura (°C)	Tiempo	Peso inicial (gr)	Peso final (gr)
Ceniza de cola de caballo	Calcinación	520	2.00 min	1652.50	1389.00

  
**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES  
*Jorge Montañez Reyes*  
**Ing. Jorge Montañez Reyes**  
JEFE

Chimbote, 05 de febrero de 2018



**DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO**

( Frasco de Le Chatelier )

(Según ASTM C 188, AASHTO T 133 y MTC E.610-2000)

SOLICITA : BACH SOLIS JARA CRISTHIAN JAROSLAW  
 TESIS : RESISTENCIA DE UNA PASTA CEMENTANTE SUSTITUYENDO 5% POR POLVO DE ALMEJA + SEMEJE SP + Y  
 15% POR CENIZA DE COLA DE CABALLO  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 MATERIAL : POLVO DE ALMEJA  
 FECHA : 07/02/2018

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	6.30	6.30
LECTURA FINAL	(ml)	21.50	21.50
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	21.38	21.38
PESO ESPECIFICO		3.005	3.005
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	( gr / cm <sup>3</sup> )	3.005	



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



DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

(Frasco de Le Chaletier)

(Según ASTM C 188, AASHTO T 133 y MTC E 610-2000)

SOLICITA : BACH-SOLIS JARA CRISTHIAN JAROSLAW  
TESIS : RESISTENCIA DE UNA PASTA CEMENTANTE SUSTITUYENDO 6% POR POLVO DE ALMEJA " SEMEJE SP " Y  
16% POR CENIZA DE COLA DE CABALLO  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
MATERIAL : CENIZA DE COLA DE CABALLO  
FECHA : 07/02/2018

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.20	0.20
LECTURA FINAL	(ml)	23.20	23.20
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	23.00	23.00
PESO ESPECIFICO		2.783	2.783
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	(gr / cm <sup>3</sup> )	2.783	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Ing. Jorge Montañez Reyes

JEFE



DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

( Frasco de Le Chateaur)

(Según ASTM C 188, AASHTO T 133 y MTC E 610-2000)

SOLICITA : BACH:DOLIS JARA CRISTHIAN JAROSLAW  
TESIS : RESISTENCIA DE UNA PASTA CEMENTANTE SUSTITUYENDO 5% POR POLVO DE ALMEJA \* SEMELE SP 1 Y  
15% POR CENIZA DE COLA DE CABALLO  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
MATERIAL : CEMENTO 80% + POLVO DE ALMEJA 8% Y 18% CENIZAS DE COLA DE CABALLO  
FECHA : 07/02/2018

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.20	0.20
LECTURA FINAL	(ml)	19.90	19.90
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	19.70	19.70
PESO ESPECIFICO		3.249	3.249
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	( gr / cm <sup>3</sup> )	3.249	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Oficina de Suelos y Espesores de Suelos  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE

**Anexo 07:** Ensayos de resistencia a la compresión de la pasta cementante patrón y experimental.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
LABICER (Laboratorio N° 12)  
**ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN**

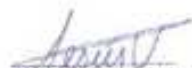


**INFORME TÉCNICO N° 1691 – 17 – LAB. 12**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : CRISTHIAN JAROSLAW SOLIS JARA
  - 1.2 DNI : 70222260
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 17 / 11 / 2017
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 17 / 11 / 2017
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 20 / 11 / 2017
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MORTEROS
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS : 03 MUESTRAS DE PASTA PATRÓN Y 03 MUESTRAS DE PASTA EXPERIMENTAL, 03 DÍAS DE CURADO
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 23.3 °C; Humedad relativa: 55 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** : Máquina de tracción, ZWICK ROELL Z010, Vernier digital Mitutoyo Corporation, CD-6" BS.
8. **RESULTADOS**

Muestra	Diámetro (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Carga de ruptura (kgf)	Resistencia a la compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	Norma técnica de referencia.
P-1	20,29	323,34	579	179,07	I.N.V. E – 323 – 07
P-2	20,46	328,78	558	169,72	
P-3	19,84	309,15	545	176,29	
E-1	20,06	316,05	885	280,02	
E-2	20,27	322,70	915	283,55	
E-3	20,01	314,47	900	286,20	
<b>Promedio</b>	20,16	319,08	730	229,14	

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  
Responsable de Análisis  
Jefa de Laboratorio  
CQP 202

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

INFORME TÉCNICO N° 1691-17- LAB. 12

Av. Túpac Amaru 210 Lima 31, Perú. Teléfono directo LABICER: 382 0500. E-mail: [otilia@uni.edu.pe](mailto:otilia@uni.edu.pe)

**INFORME TÉCNICO N° 1712 – 17 – LAB. 12**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : CRISTHIAN JAROSLAW SOLIS JARA
  - 1.2 DNI : 70222260
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 22 / 11 / 2017
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 23 / 11 / 2017
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 24 / 11 / 2017
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MORTEROS
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS : 03 MUESTRAS DE PASTA PATRÓN Y 03 MUESTRAS DE PASTA EXPERIMENTAL, 07 DÍAS DE CURADO
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 24.1 °C; Humedad relativa: 59 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** : Maquina de tracción, ZWICK ROELL Z010.  
Vernier digital Mitutoyo Corporation, CD-6" BS.
8. **RESULTADOS**

Muestra	Diámetro (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Carga de ruptura (kgf)	Resistencia a la compresión	Norma técnica de referencia.
P-4	20,13	318,26	656	206,12	I.N.V. E – 323 – 07
P-5	20,14	318,57	648	203,41	
P-6	20,12	317,94	686	215,76	
E-4	19,97	313,22	1100	351,19	
E-5	20,02	314,79	1070	339,91	
E-6	20,04	315,42	1090	345,57	
<b>Promedio</b>	20,07	316,37	875	276,99	

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 Adha de la Cruz  
Responsable de Análisis  
Jefa de Laboratorio  
CQP 202

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

INFORME TÉCNICO N° 1691-17- LAB. 12



**INFORME TÉCNICO N° 1651 – 17 – LAB. 12**

1. DATOS DEL SOLICITANTE
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : CRISTHIAN JARASLAW SOLIS JARA
  - 1.2 DNI : 70222260
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 15 / 11 / 2017
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 15 / 11 / 2017
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 15 / 11 / 2017
3. ANÁLISIS SOLICITADO : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MORTEROS
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE
  - 4.1 DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS : 03 MUESTRAS DE PASTA PATRÓN Y 03 MUESTRAS DE PASTA EXPERIMENTAL, 28 DÍAS DE CURADO
5. LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 23.3 °C; Humedad relativa: 55 %
7. EQUIPO UTILIZADO : Maquina de tracción, ZWICK ROELL ZD10, Vernier digital Mitutoyo Corporation, CD-6° BS.
8. RESULTADOS

Muestra	Diámetro (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Carga de ruptura (kgf)	Resistencia a la compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	Norma técnica de referencia.
E7	19,52	299,26	779	260,31	I.N.V. E – 323 – 07
E8	20,13	318,26	845	265,51	
E9	19,95	312,59	780	249,53	
P7	20,38	326,21	941	288,46	
P8	20,01	314,47	912	290,01	
P9	19,7	304,81	915	300,19	
Promedio	19,95	312,60	860	275,67	

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  
Responsable de Análisis  
Jefa de Laboratorio  
CQP 202

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

INFORME TÉCNICO N° 1651-17- LAB. 12

Av. Túpac Amari 210 Lima 31, Perú. Teléfono: 382 0500. E-mail: [otilia@uni.edu.pe](mailto:otilia@uni.edu.pe)



**INFORME TÉCNICO N° 1776 – 17 – LAB. 12**

1. DATOS DEL SOLICITANTE
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : CRISTHIAN JAROSLAW SOLIS JARA
  - 1.2 DNI : 70222260
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 06 / 12 / 2017
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 06 / 12 / 2017
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 07 / 12 / 2017
3. ANÁLISIS SOLICITADO : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MORTEROS
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE
  - 4.1 DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS : 03 MUESTRAS DE PASTA PATRÓN, 60 DÍAS DE CURADO
5. LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 22.9 °C; Humedad relativa: 63 %
7. EQUIPO UTILIZADO : Máquina de tracción, ZWICK ROELL 2010.  
Verrier digital Mitutoyo Corporation, CD-6" BS.
8. RESULTADOS

Muestra	Diámetro (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Carga de ruptura (kgf)	Resistencia a la compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	Norma técnica de referencia.
P-13	20,29	323,34	1520	470,09	I.N.V. E – 323 – 07
P-14	19,93	311,96	1480	474,42	
P-15	20,30	323,66	1550	478,90	
Promedio	20,17	319,65	1516	474,47	

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  
 Responsable de Análisis  
 Jefa de Laboratorio  
 CQP 202

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

INFORME TÉCNICO N° 1776-17- LAB. 12

Av. Túpac Amaru 210 Lima 31, Perú, Teléfono directo LABICER: 382 0500. E-mail: [otilia@uni.edu.pe](mailto:otilia@uni.edu.pe)



**INFORME TÉCNICO N° 1894 – 17 – LAB. 12**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : CRISTHIAN JAROSLAW SOLIS JARA
  - 1.2 DNI : 70222260
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 21 / 12 / 2017
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 26 / 12 / 2017
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 26 / 12 / 2017
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MORTEROS
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS : 03 MUESTRAS DE PASTA EXPERIMENTAL, 60 DÍAS DE CURADO
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 22.2 °C; Humedad relativa: 61 %
7. **EQUIPOS UTILIZADOS** : Máquina de tracción, ZWICK ROELL Z010.  
Vernier digital Mitutoyo Corporation, CD-6" BS.
8. **RESULTADOS**

Muestra	Diámetro (mm)	Area (mm <sup>2</sup> )	Carga de ruptura (kgf)	Resistencia a la compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	Norma técnica de referencia.
E-10	19,75	306,36	1130	368,85	I.N.V. E – 323 – 07
E-11	19,97	313,22	1120	357,58	
E-12	20,04	315,42	1110	351,91	
<b>Promedio</b>	19,92	311,66	1120	359,45	

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  
Responsable de Análisis  
Jefe de Laboratorio  
CQP 202

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

INFORME TÉCNICO N° 1894-17- LAB. 12

Av. Túpac Amaru 210 Lima 31, Perú. Teléfono directo LABICER: 382 0500. E-mail: [otilia@uni.edu.pe](mailto:otilia@uni.edu.pe)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE CIENCIAS

LABICER (Laboratorio N° 12)

ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN



**INFORME TÉCNICO N° 0019 – 18 – LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : CRISTHIAN JAROSLAW SOLIS JARA
  - 1.2 DNI : 70222260
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 05 / 01 / 2018
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 05 / 01 / 2018
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 06 / 01 / 2018
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MORTEROS
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS : 03 MUESTRAS DE PASTA PATRÓN.  
90 DÍAS DE CURADO
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 23.2 °C; Humedad relativa: 60 %
7. **EQUIPOS UTILIZADOS** : Maquina de tracción, ZWICK ROELL ZD10.  
Vernier digital Mitutoyo Corporation, CD-6" BS.
8. **RESULTADOS**

Muestra	Diámetro (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Carga de ruptura (kgf)	Resistencia a la compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	Norma técnica de referencia.
P-13	20,14	318,57	1530	480,27	I.N.V. E - 323 - 07
P-14	20,06	316,05	1510	477,77	
P-15	20,03	315,10	1500	476,04	
Promedio	20,08	316,57	1513	478,03	

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. Dilia Acha de la Cruz  
Responsable de Análisis  
Jefe de Laboratorio  
CQP 202

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

INFORME TÉCNICO N° 0019-18- LABICER

Av. Túpac Amaru 210 Lima 31, Perú. Teléfono directo LABICER: 382 0500. E-mail: [utilita@uni.edu.pe](mailto:utilita@uni.edu.pe)

**INFORME TÉCNICO N° 0018 – 18 – LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : CRISTHIAN JAROSLAW SOLIS JARA
  - 1.2 DNI : 70222260
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 05 / 01 / 2018
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 05 / 01 / 2018
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 08 / 01 / 2018
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MORTEROS
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS : 03 MUESTRAS DE PASTA EXPERIMENTAL, 90 DÍAS DE CURADO
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 23.2 °C; Humedad relativa: 60 %
7. **EQUIPOS UTILIZADOS** : Maquina de tracción, ZWICK ROELL Z010.  
Vernier digital Mitutoyo Corporation, CD-6" BS.
8. **RESULTADOS**

Muestra	Diámetro (mm)	Area (mm²)	Carga de ruptura (kgf)	Resistencia a la compresión (kgf/cm²)	Norma técnica de referencia.
E-13	20,05	315,73	1540	487,76	I.N.V. E – 323 – 07
E-14	19,90	311,03	1550	498,34	
E-15	20,06	316,05	1530	484,10	
Promedio	20,00	314,27	1533	490,07	

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  
 Responsable de Análisis  
 Jefe de Laboratorio  
 COP 202

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

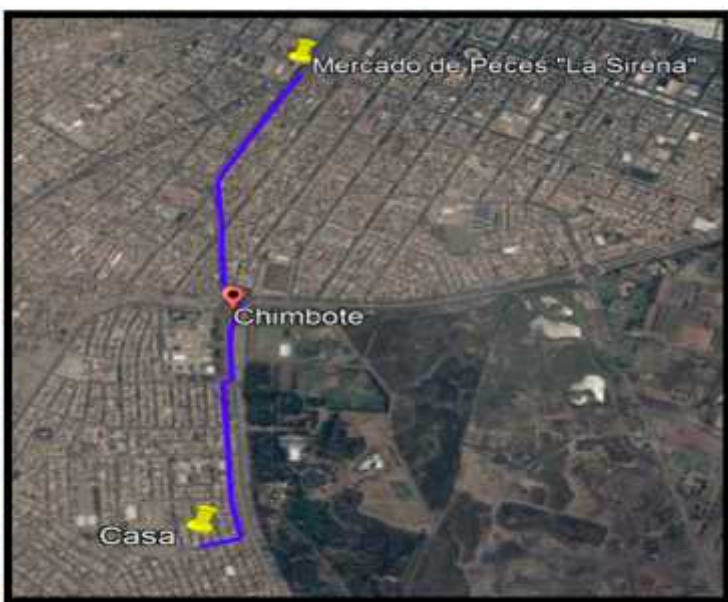
INFORME TÉCNICO N° 0018-18- LABICER

**Anexo 07:** Panel Fotográfico

Extracción de las conchas de almeja



**Figura 04:** Extracción de la muestra a utilizar del Mercado de Peces la Sirena-Chimbote.



**Figura 05:** Ubicación del Mercado de Peces la Sirena Chimbote-Santa –Áncash



Coordenadas UTM:

Este: 0765288

Norte: 8996582

Cota: 17 msnm

**Figura 06:** Coordenadas UTM del Mercado de Peces la Sirena Chimbote-Santa – Áncash



**Figura 07:** Muestra molida para el ensayo de análisis térmico diferencial



**Figura 08:** Retirado de la mufla luego de calcinar las conchas de almeja



**Figura 09:** Activación mecánica del material activado

Extracción de la cola de caballo



**Figura 10:** Extracción de la muestra a utilizar de la huaca choloque – santa- Áncash



**Figura 11:** Ubicación de la huaca choloque - Santa – Áncash



Coordenadas UTM:

Este: 9006660

Norte: 8996582

Cota: 50 msnm

**Figura 12:** Coordenadas UTM de la Huaca Choloque - Santa -Áncash



**Figura 13:** Muestra molida para el ensayo de análisis térmico diferencial



**Figura 14:** Pre calcinado de la Cola de Caballo



**Figura 15:** Retirado de la mufla luego de calcinar la cola de caballo



**Figura 16:** Activación mecánica del material activado



**Figura 17:** Ensayo realizado en el laboratorio de COLECBI



**Figura 18:** Ensayo realizado en el laboratorio de polímeros UNT



**Figura 19:** Ensayo realizado en el laboratorio de arqueometría UNMSM



**Figura 20:** Cuarteo de los materiales



**Figura 21:** Realización de las pastas cementantes



**Figura 22:** Realización de ensayo de compresión en la Universidad Nacional de Ingeniería.