

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERIA CIVIL**



**Resistencia del concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> sustituyendo  
al cemento por el 5% y 10% ceniza de cola de caballo**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

**Autor**

Ludeña Acosta, Marco Andre

**Asesor**

Solar Jara, Miguel

**Chimbote-Perú**

**2020**

**PALABRAS CLAVES:**

**TEMA** RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

**ESPECIALIDAD** TECNOLOGÍA DEL CONCRETO.

**KEY WORDS:**

<b>THEME</b>	COMPRESSION RESISTENCE
<b>SPECIALTY</b>	CONCRETE TECHNOLOGY

**LINEA DE INVESTIGACIÓN:**

Según las líneas OCDE: Construcción y Gestión de la construcción

Línea de investigación	Construcción y Gestión de la construcción
Área	Ingeniería y Tecnología
Subarea	Ingeniería civil
Disciplina	Ingeniería de la construcción

## **TITULO**

***Resistencia del concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> sustituyendo al  
Cemento por el 5% y 10% ceniza de cola de caballo***

## RESUMEN

En el presente proyecto de Investigación se encarga de estudiar el comportamiento a través de la resistencia del concreto que tiene la ceniza de cola de caballo (activado)

Por ende, buscamos una solución para uso del concreto, que no afecte nuestro ecosistema, debido al uso masivo del cemento portland tipo I y que además el proyecto sea sostenible por el uso de materia prima propia de zona, agregados y cola de caballo, disminuyendo costos, problemas de transporte y contaminación, Y siendo provechoso para el centro poblado de Cambio Puentes- Chimbote y para nuestra sociedad.

Se llegó a determinar la resistencia a la compresión del diseño patrón y experimental, dando como resultado que el 5% de ceniza de cola de caballo obtuvo una resistencia de 210.87 kg/cm<sup>2</sup> y utilizando el 10 % ceniza de cola de caballo obtuvimos una resistencia de 200.40 kg/cm<sup>2</sup>, ambos a los 28 días de curado, para lo cual el experimental con el 5 % de ceniza de cola de caballo obtuvo una resistencia óptima a la que se quiso llegar, mientras que el diseño patrón obtuvo una resistencia a la compresión de 215.31 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de curado siendo mayor un 2.12% a nuestro diseño experimental del 5 % ceniza de cola de caballo.

El proyecto se realizó con la activación térmica de la cola de caballo a 380 C° convirtiéndose en un material puzolámico que posee las mismas propiedades que el cemento portland tipo I, para lo cual se realizó un análisis de fluorescencia de rayos X el cual nos ayudó a encontrar su composición química que nos arrojó los siguientes resultados: Oxido de calcio (9.852) y Oxido de Silice(55.071) los cuales son los principales componentes del cemento.

## ABSTRAC

In this research project, he is in charge of studying the behavior through resistance of concrete that has horsetail ash (activated)

Therefore, we are looking for a solution for the use of concrete, which does not affect our ecosystem, due to the massive use of type I portland cement, and which is also sustainable due to the use of local raw materials, aggregates and horsetail, decreasing costs, transportation problems and pollution, and being profitable for the town of Cambio Puentes- Chimbote and for our society.

The compression resistance of the standard and experimental design was determined, resulting in that 5% of horsetail ash obtained a resistance of 210.87 kg / cm<sup>2</sup> and using 10% horsetail ash we obtained a resistance of 200.40 kg / cm<sup>2</sup>, both after 28 days of curing, for which the experimental with 5% horsetail ash obtained an optimal resistance to which it was intended, while the standard design obtained a resistance to compression 215.31 kg / cm<sup>2</sup> after 28 days of curing, 2.12% being greater than our experimental design of 5% horsetail ash.

The project was carried out with the thermal activation of the horsetail at 380 ° C, converting it into a pozzolamic material that has the same properties as Portland cement type I, for which an X-ray fluorescence analysis was carried out which It helped us find its chemical composition, which yielded the following results: Calcium oxide (9,852) and Silice oxide (55,071) which are the main components of cement.

## Índice General

Palabra clave	i
Título	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Indice general	v
Indice de tablas	vi
Indice de figuras	viii
Introducción	1
Metodología	19
Resultados	23
Análisis Y Discusión	36
Conclusiones	38
Recomendaciones	39
Agradecimiento	40
Referencias Bibliográficas	41
Anexos	42

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Componentes del cemento...	pág.4
Tabla 2 Resistencia a la compresion promedio.....	pág.8
Tabla 3 Cantidad aproximada de agua para cada tipo de slump.....	pág.8
Tabla 4 Asentamiento por el tipo de consistencia del concreto.....	pág.9
Tabla 5 Relación agua/cemento vs $f'c$ .....	pág.9
Tabla 6 Composición química expresada como óxidos.....	pág.16
Tabla 7 Variable dependiente.....	pág.17
Tabla 8 Variable independiente.....	pág.17
Tabla 9 Resistencia del concreto de $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo al cemento por 5 % y 10 % de ceniza de cola de caballo.....	pág.19
Tabla 10 Técnicas de reducción de informática.....	pág.20
Tabla 11 Calculo de la cantidad de ceniza de cola de caballo.....	pág.22
Tabla 12 Cantidad de materia antes y después de la calcinación.....	pág.23
Tabla 13 Ph de la ceniza de cola de caballo y de sus combinaciones al 5 % y 10 % de sustitución.....	pág.24
Tabla 14 Composición química de ceniza de cola de caballo.....	pág.25
Tabla 15 Cantidad de material para diseño patrón $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	pág.26
Tabla 16 Cantidad de material para diseño experimental (5%) $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	pág.26
Tabla 17 Cantidad de material para diseño experimental (10%) $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	pág.26
Tabla 18 Resultados de ensayos a compresion del concreto endurecido diseño patrón...	pag27
Tabla 19 Resultados de ensayos a compresion del concreto endurecido diseño experimental (5%).....	pág.29
Tabla 20 Resultados de ensayos a compresion del concreto endurecido diseño experimental	

(10%).....	pág.32
Tabla 21 Resultado de ensayo a composición del concreto patrón y experimental.....	pág.35
Tabla 22 Composición de temperaturas según antecedentes.....	pág.36
Tabla 23 Porcentaje de materias prima principales del cemento tipo I.....	pág.37
Tabla 24 Resistencias a la compresión de probetas de concreto con sustitución de cemento por 5% y 10% de cenizas de cola de caballo según días de curado .....	pág.88
Tabla 25 Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de las probetas de concreto.....	pág.88
Tabla 26 Cálculo de la prueba de Duncan para verificar cuál de las resistencias a la compresión es diferente.....	pág.89



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Composición química de ceniza de cola de caballo.....	pág.25
Figura 2 Resistencia patrón a la edad 7 días de curado.....	pág.27
Figura 3 Resistencia patrón a la edad 14 días de curado.....	pág.28
Figura 4 Resistencia patrón a la edad 28 días de curado.....	pág.28
Figura 5 Resistencia patrón promedio a la edades 7,14 y 28 días.....	pág.29
Figura 6 Resistencia experimental con sustitución del 5% a la edad 7 días de curado.....	pág.30
Figura 7 Resistencia experimental con sustitución del 5% a la edad 14 días de curado.....	pág.30
Figura 8 Resistencia experimental con sustitución del 5% a la edad 28 días de curado.....	pág.31
Figura 9 Resistencia experimental 5% promedio a edades de 7,14 y 28 días.....	pág.31
Figura 10 Figura N° 10: Comparación de resistencia Patrón y Resistencias experimental promedio a edad de 7, 14 y 28 días. ....	pág.32
Figura 11 Resistencia experimental con sustitución del 10% a la edad 7 días de curado.....	pág.33
Figura 12 Resistencia experimental con sustitución del 10% a la edad 14 días de curado.....	pág.34
Figura 13 Resistencia experimental con sustitución del 10% a la edad 28 días de curado.....	pág.34
Figura 14 Resistencia experimental 10% promedio a edades de 7,14 y 28 días.....	pág.35
Figura 15 Figura N° 15: Comparación de resistencia Patrón y Resistencias experimental (10%) promedio a edad de 7, 14 y 28 días.....	pág.35
Figura 16 Representación de las resistencias promedio en porcentaje de patrón versus experimental.....	pág.36
Figura N° 17: Comparación de resistencias Patrón vs Exp. 5% vs Exp. 10% promedio a edad de 7, 14 y 28 días. ....	pág.37

## INTRODUCCION

Los precedentes citados en el proyecto de investigación, luego de haber realizado la averiguación bibliográfica estuvo dirigida a determinar a aquellas Institutos e investigadores que han efectuado observaciones que tiene conexión con propiedades de la ceniza de cola de caballo (Equisetum arvense) donde el cemento será parcialmente sustituido.

Carneiro, M.(2015) con el artículo con título: “Preparation and Characterization of Nano Silika from Equisetum arvense”, se obtuvo partículas lo cual fue su objetivo principal de nano-silíce del Equisetum arvense (cola de caballo), Esta planta contiene gran cantidad de sílice, calcinación a temperaturas diferentes entre 500°C y 600 °C y analizando variadas mezclas de lavado ácido. Siendo este proyecto de la manera aplicada de diseño experimental de nivel cuasi-experimental. El investigador obtuvo las siguientes conclusiones:

Se obtuvo el temple de calcinación a 500°C por el tiempo de 2 horas el cual produjo Dióxido de Silicio (SiO) de 59.60%

La temperatura, obtenida para su calcinación es de 500°C por un tiempo de 2 horas previamente lavado con ácido HCl produciendo Dióxido de Silicio(SiO<sub>2</sub>) de 93.50%

Del mismo modo Velásquez, J. (2017), sostiene que la ceniza de cola de caballo tiene la semejanza en las propiedades químicas de un cemento portland tipo I que reacciona como un material cementante el cual al ser calcinado a 300 °C nos da como sus principales componentes químicos al óxido de silicio un 51.358 (SiO<sub>2</sub>), y óxido de calcio un 11.932% de (CaO).

En las posteriores investigaciones que se realicen con menor o mayor porcentaje de sustitución, se deberá determinar los parámetros de pH del material y de la mezcla de cemento sustituida con ceniza de cola de caballo y realizar una comparación con los resultados obtenidos en esta investigación.

Del mismo modo Ibáñez, E. (2017), Se activó de manera térmica las cenizas de cola de caballo a 520° C que es una temperatura óptima debido al cambio de fase producto de se produjeran óxidos deseados. Existe tendencia a aumentar las resistencias en el tiempo, sin embargo, la resistencia de los morteros experimentales siempre estuvo por

debajo en comparación a la resistencia de mortero patrón, debido al alto porcentaje de sustitución del cemento.

Del mismo modo Solís, C. (2018), Calcinando la ceniza de cola de caballo a 520°C por 2 horas y triturando ambas a 0.075 mm se alcanzaron los siguientes grados de activación: 86.373% de óxido de calcio, 4,873% aluminio. Para las cenizas de cola de caballo se obtuvieron (93,30%) y para la combinación (93,86%) estos valores permiten la activación puzolámicos de este material bajo el estándar de la ASTM C 618.

Mediante esta metodología experimental, se busca resistencia del concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> sustituyendo al cemento por 5% y 10% de ceniza de cola de caballo, el que beneficiara al centro poblado de Cambio Puente, ubicado en Chimbote y así implementar un nuevo material cementante. La importancia de la investigación es obtener un concreto con mejor comportamiento en su resistencia debido al uso de este nuevo material.

Por otro lado tiene un factor indispensable que es contribuir a la solución de la problemática ambiental a medida que se reduzca la producción del cemento por su contaminación en el aire (monóxido de carbono, monóxido de nitrógeno, dióxido de azufre y partículas muy finas).

Lo cual contribuirá en el estudio de nuevos materiales de construcción y basándose en criterios de eficiencia ambiental le daremos un valor agregado, social, económica, de tal forma sería favorable para la ingeniería civil su totalidad.

Se pretende demostrar que la sustitución de ceniza de cola de caballo en el concreto, pueda alcanzar en un futuro no muy lejano, que se desarrolle un cemento a base de ceniza de cola de caballo y que sus propiedades sean similares al cemento portland tipo I. Una importancia ecológica porque se podrá reducir la emisión de dióxido de carbono a la atmosfera. Es decir, disminuir la contaminación del aire que provoca la fabricación del cemento.

Actualmente la problemática de nuestra ciudad es el bajo rendimiento que se está teniendo en las obras, debido a que tratan de economizar en materiales y de ahí partimos nuestro trabajo de investigación, buscamos constatar que la sustitución del cemento por ceniza de cola de caballo se podrá obtener una mejor resistencia a compresión de un concreto convencional, por lo expuesto se plantea la siguiente pregunta:

## **¿La sustitución del 5% y 10% del cemento por las cenizas de cola de caballo mejoraría la resistencia del concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ?**

De las bibliografías consultadas se pueden adquirir diversas definiciones que nos será útil para nuestro proyecto de investigación, tales como:

### **Tecnología Del Concreto**

El cemento es una materia puzolánica que por sí mismo no es aglutinante, y que la combinación con agua, al ser hidratado se transmuta en una pasta trabajable con componentes adherente, que en poco tiempo fragua y pasa a un estado de endurecimiento convirtiéndose en materia consistente. El cemento contiene esencialmente silicato cálcico hidratado (S- C.H), esta composición es la principal de sus propiedades adherente. Además, para poder hacer algunos de sus características, se pueden agregar aditivos (en cantidades bajas al 1% de la totalidad del concreto), existiendo una gran variedad de ellos: retardadores de fraguado, fluidificante, impermeabilizante, fibra, etc.

La característica principal estructural de concreto es que aguantar perfectamente el esfuerzo de compresión, pero su comportamiento no es bueno frente a otro tipo de esfuerzo (flexión, tracción, cortante, etc.) por esta razón es casi normal asociar a cierta armadura de acero y obteniendo la el nombre de concreto armado, o concreto pre-reforzado en ciertas localidades; portándose el grupo muy positivo ante las diversas peticiones. Neville, M (2015)

### **Concreto**

El concreto está constituido por la combinación, en cierta proporción, agua, cemento, agregados y como opción aditivos, que al comienzo denota una estructura plástica y moldeable, y que luego obtiene una consistencia rigurosa, con propiedad aislante y resistente, lo que hace un material perfecto para las construcciones. El cemento, la arena y el agua constituyen un mortero cuya función es aliar las diferentes partículas de agregados grueso llenando el vacío entre sí. La combinación de estos compuestos producen un material con plasticidad que puede ser moldeada pero e cuanto mas es el tiempo esta baja esa característica y cambia cada vez más rígida . Pasquel, C. (1998)

## Componentes del concreto

El concreto es fundamentalmente una combinación de dos componentes. La pasta, compuesta de cemento portland, agregados (grava, arena o piedra chancada) y agua para formar una masa homogénea a una roca pues la pasta endurece debido a las reacciones químicas entre el agua y el cemento. El agregados en general se dividen en dos grupos: gruesos y finos.

El agregado fino consisten en arena natural o manufacturada con tamaños de partículas que pueden llegar a 10 mn; el agregado grueso es aquello cuya partícula se retiene en la malla No. 16 y puede variar a 152 mm. Pasquel, C. (1998)

## Cemento

El cemento es obtenido de las pulverizaciones del Clinker, los cuales se producen por la calcinación hasta la union incipiente del materiale calcáreo y arcilloso. Se constituido por los siguientes compuestos químicos: Silicate tricalcium: cual confiere la resistencia para iniciar y ello influye directo para el calor de hidratación.

Silicato dicalcium: Define la resistencia a plazo largo y tiene pocas incidencias con el calor de hidratación. Aluminato tricalcium: Cataliza en la relación del silicato y provoca un fraguado agresivo. Para contener este acontecimiento, es preciso agregar y eso durante la elaboración del cemento portland. (Teodoro, E. 2005, pág. 11)

**Tabla 1**

Componentes del cemento

Componentes	Porcentajes
Calcio: CaO	62.5%
Sílice: SiO <sub>2</sub>	21%
Aluminio: Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.5%
Hierro: Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.5%
Óxido de Azufre: SO <sub>3</sub>	2.0%
Magnesio: MgO	2.0%
Residuo Insoluble: R.I	1.0%
Álcalis: Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	0.5%

Fuente: Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú, Jiménez.

## **Cemento Portland Tipo I**

La puzolana se agrega al cemento en una parte fluctua alrededor de 15% y 40% del pesante absoluto. Las puzolanas son componente sílico-aluminoso que por sí tiene bajo o ninguna estimacion cementicia pero al dividirse, con la presencia del temple del entorno natural, el agua , es capaz de responder químicament con el Hidróxide de calcium para formar una composicion con cualidad cementicia. (YURA, 2014)

## **Elaboracion del Cemento Portland**

La materia prima, cuidadosamente trituradas e homogéneamente mezclada, se ponen a calor hasta el inicio de la fusión (1400-1900 °C), en un amplio horno girante, que aproximadamente puede medir de 200 mts de largo y 5.50 mts de diámetro.

## **Mecanismo De Hidratación Del Cemento**

Denominado hidratación al grupo de reaccione química entre las propiedades del cemento y del agua, que llevan los cambios del estado plástico al rigido, con los componetes inherentes al nuevo producto formado. Pasquel, C. (1998)

## **Fraguado Inicial**

Las condiciones de las pastas del cemento en que se acelera la reacción química, comienza el endurecimiento y las pérdidas de la plasticidades, midiéndose la resistencia términos a deformarse. Pasquel, C. (1998)

## **Fraguado Final**

Al término de su etapa de fraguado inicial y una de sus características es cuando obtiene el endurecimiento significativo y cambios perennes. Las estructuras del gel están constituidas por los ensambles definitivos de su partícula endurecida. Pasquel, C. (1998)

## **Endurecimiento**

Con fraguado final da comienzo y en esta situación en que se incrementa y mantiene con el tiempo una propiedad resistente. La hidratación permanente de los silicatos de calcio es la reacción predominante y de manera indefinida continuara la teoría.

En el último estado de la pasta, donde es evidente total la influencia de la composición del cemento. Los sólidos de hidratación manifestando su poca solubilidad donde el endurecimiento es factible estando sumergido. (Castillo, A. 2009)

### **Agregados**

Se entiende por lo general que los agregados a las mezclas piedra y arena granulométrica. El material de concreto está básicamente compuesto por pasta cementante y agregado, los elementos de su comportamiento bien diferenciado: Está definido como agregados al grupo de partícula inorgánica de origen artificial o natural cuya proporción está comprendida entre el límite fijado en la NTP. 400.011.

### **Agregado Grueso**

Rivera, C. (2010), El agregado también llamado árido es aquel material inerte, de formas granulares, artificiales o naturales, cuando se aglomera por el cemento en presencia de agua forma una sola masa consistente.

Los agregados de las combinaciones de concreto se consideran, todo aquello material que teniendo resistencias propias suficientes, que no afecten su componente y característica de las combinaciones y garantiza una adherencia suficiente con el concreto endurecido del cemento Portland.

### **Agregado Fino**

Los agregados finos pueden ser triturados o natural es considerado también como la combinación de partículas debe ser limpias libres de todo tipo de impureza como es materia orgánica, polvo, etc. Están definidos como agregados finos a aquellos provenientes de las desintegraciones artificial o natural de la roca, que pasan al tamiz NTP.9.5 mm (3/8) y que si cumple con el límite establecido en la NTP 400.037.

### **Peso Específico**

(NTP 400.022) son cocientes de dividir el peso de la partícula entre los volúmenes de la misma que no se considera el vacío entre sí. La norma establece el procedimiento que está establecido para ser determinado en laboratorios, diferenciándose en 3 formas de expresarlos en funciones de las condiciones de saturaciones.

### **Peso Unitario**

(NTP 400.017) El cociente de fraccionar el peso de la partícula entre el volumen absoluto incluyendo los vacíos. Incluyendo el espacio entre la partícula, está influenciada de la manera en que se acoplan, lo que lo transforma en parámetros hasta ciertos puntos relativos.

Nos indican estos procesos estándares que evalúan, las condiciones que acomoda de la partícula luego de compactar en un recipiente metálico pisoneando 25 golpes con una varilla de 5/8" en 3 capas.

### **Porcentaje De Vacíos**

Las medidas del volumen expresadas en porcentajes del espacio entre las porciones de agregado. Esto dependera de como se acomode en la partícula, por lo que su estimación es relativa como es el caso del peso unitario.

### **Absorción**

(NTP 339.185) La porción de agua que será absorbida por los agregados después de ser sumergidos por 24 horas, se expresara como porcentajes del peso seco. Los agregados se consideran "seco" cuando han sido mantenidos a una temperatura de  $110\text{ C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  por un tiempo necesario para sacar toda el agua sin mezclarse.

### **Agua de mezcla:**

Rivera, C. (2010), El agua que usaremos para nuestra mezcla tiene un par de funciones principales, permite la que se hidrate el cemento y así hacer una mezcla trabajable. El agua que se usa en las preparaciones de un concreto, no presentara ningún tipo alteración y con el pasar del tiempo se evaporara; ya que ocupa un espacio en el interior de la mezcla, se dejan vacíos al evaporarse los cuales van disminuyendo su resistencia y su durabilidad del hormigón. El cemento requiere una cantidad de agua que se encuentra entre el 26% al 30% de la masa del cemento, pero esta proporción de mezcla no es trabajable, se requiere gran porción de agua del 40% de la masa del cemento, por lo que de acuerdo con lo anterior es una regla práctica.



## Diseño de mezcla con el Método ACI 211

Lo más recomendado es el ACI, relativamente se experimenta escasas variantes sustantivas hasta el final de la versión emitida por su Comité 212.1 el año 1991.

Se Basa en que el agregado cumple con los requisitos granulométricos y físicos establecida por ASTM C-33, definiendo al agua de mezcla como empírica en funciones de los tamaños máximo de los agregados y del slump (asentamiento) cual sus medidas de trabajabilidad; establecé de manera empírica el volumen de los agregados gruesos compactados.

**Tabla 2**

*Resistencia a la compresión promedio.*

$f'c$ ( kg / cm2 )	$f'cr$ ( kg / cm2 )	$f'cr$ ( kg / cm2 )	$f'cr$ ( kg / cm2 )
Menor de 210	$f'c + 70$	175	245
210 a 350	$f'c + 84$	210	294
Mayor de 350	$f'c + 98$	350	448

**Fuente:** Rivva, 1992

**Tabla 3**

*Cantidad aproximada de agua para cada tipo slump y tamaño máximo de agregado*

Slump	Tamaño máximo de agregado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	
Concretos con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	

**Fuente:** A.C.I, 1981.

**Tabla 4***Asentamiento por el tipo de Consistencia del Concreto.*

Resistencia del Concreto	Asentamiento	Trabajabilidad
Seca	0 " a 2 "	Poca
Plástica	3 " a 4 "	Buena
Húmeda	>= 5 "	Poco

**Fuente:** Rivva, 1992**Tabla 5***Relación agua / cemento vs f'c.*

f'c a 28 Días (Kg/cm <sup>2</sup> )	Relación Agua/Cemento en peso	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
450	0.3	
400	0.4	
350	0.5	0.4
300	0.6	0.4
250	0.6	0.5
200	0.7	0.61
150	0.8	0.7

**Fuente:** A.C.I, 1981.**Dosificación de una Mezcla de Concreto**

Pinto, O. (2001), Indica que la relación de la mezcla de concreto cumple con dicha características con los materiales disponibles, los cuales logran mediante el sistema de prueba y error o el sistema de ajuste y reajuste.

Dichos sistemas consisten en preparar la mezcla de concreto con una proporción inicial y calculado por diferente método. La mezcla de prueba se le realizaran diversos ensayos para su control de calidad como masa unitaria, asentamiento, resistencia a la compresión y tiempos de fraguado.

Los datos serán comparados con las especificaciones y si llegaran a ser desiguales o no lleguen a cumplir con la expectativas de calidad se reajustaran la cantidad, se elaboran otra vez la combinación que debe cumplir cada ensayo para su debido control de calidad, si se vuelve a repetir al no cumplir con los requisitos necesario, nuevamente

se realizaría una mezcla de concreto hasta ajustar todos los requisitos que se exige para las especificaciones.

El Comité 201 del American Concrete Institute (ACI), indica que, el procedimiento del diseño de la mezclas de concreto van de empíricos hasta analíticos experimentales, volumétrico, aquellos métodos han sufrido cambios y ha llevado al procedimiento acorde con la necesidad de las investigaciones que se han ido elaborando con ayuda de algunas guías normalizadas para darle un mejor cumplimiento de calidad del concreto en la construcción.

### **Resistencia**

Juárez, J. (2005), definiendo la resistencia como el esfuerzo maximo que el material debe de soportar bajo carga de aplastamiento. Su resistencia a la compresión del material que falla debido al fracturamiento se define en límites bastante idóneo, como una propiedad independiente.

Osorio, C. (2013) Nos indica que la resistencia como al proceso de hidratación desde el momento en que los finos del cemento comienzan a reaccionar con el endurecimiento, que se manifiestan inicialmente el “atizamiento” del fraguado y sigue luego con evidentes ganancias de la resistencia, al comienzo de forma veloz y bajando la velocidad a medida que avanza el tiempo.

### **Permeabilidad**

Juárez, J. (2005), Nos indica que la propiedad permeable que tiene el suelo de transmitir el aire, el agua y es una cualidad importante que debe ser considerada.

La permeabilidad tiene la capacidad que poseer rocas, el suelo y sustancias que sea porosa de permitir los ingresos de fluido. Existen varias causas que influyen en la permeabilidad. Su poricida, tiene porcentajes de espacios vacíos que contiene un sólido, determina la cantidad de espacio que tiene el líquido que fluye en el sólido. Pero su dimensión y el modo de los poros es importante.

### **Comportamientos De La Resistencia Mecánica Del Concreto**

Osorio, C. (2013), indica que la masa endurecida del concreto que su naturaleza propia es heterogenia y discontinua. El sistema heterogéneo tiene componentes que dependen

de la característica física y química del material y de las interacciones entre sí. Referente a lo anterior, su resistencia del concreto fundamentalmente depende de las resistencias e interacciones de sus fases constituyente: Las resistencias de las pastas hidratadas y endurecidas (matriz), las resistencias de las partículas de agregados y las resistencias de la interface de agregados.

### **Factores Que Influyen En La Resistencia Mecánica Del Concreto**

Osorio, C. (2013), señala que el factor que influye en las resistencias mecánicas del concreto, como: El cemento es una materia más activos de la mezclas de concreto, por lo tanto su característica y sobre todo sus contenidos (proporciones) dentro de la mezcla tienen gran influencias en la resistencias del concreto a diferentes edades. A mas contenidos de cemento se puede obtener una superior resistencia.

El factor que influye en la resistencias mecánicas del concreto, como: El contenido de aire, Abrams formuló la conocida “Ley de Abrams”, la relación agua-cemento, según es para el mismo material y condición del ensayo, las resistencias del concreto totalmente compactados, a las edades dadas, es opuestamente proporcional a su relación agua-cemento. Es importante este factor en las resistencias del concreto:( C: Contenido de cemento en la mezcla en kg y A: Contenido de agua en la mezcla en kg), Relación agua-cemento =  $A/C$ . con lo expresado anteriormente, existen dos maneras de que la relación agua-cemento y el concreto tiene una resistencia que disminuya: aumentando la cantidad de agua de la mezcla o reduce la porción de cemento. Esto es fundamental tener en cuenta y en la práctica se pueden alterar la relación agua-cemento por adición de agua después del mezclado al concreto con la finalidad de restablecer asentamientos o añadir el tiempo de trabajabilidad, lo cual va en detrimento de la resistencia del concreto y por ello estas prácticas deben evitarse y así garantizar las resistencias para los cuales el concreto fue elaborado. se debe tener también en cuenta si el concreto tendrá aire incluido.

Los factores que influyentes en las resistencias mecánicas del concreto, como: la distribución granulométrica y la Influencia de los agregados tiene un gran importancia en la resistencia del concreto, si continua esto daría pase al máximo de su capacidad del concreto en su estado fresco y con una densidad mayor en estado de endurecimiento, lo que se entiende en una mayor resistencia. Las formas y texturas de los agregados

también influirán. El Agregado con una silueta rugosa y cubica permiten mayores adherencias de las interfaces matriz- agregados respectivamente de los agregados lisos y redondeados, se aumenta la resistencia del concreto. Sin embargo se compensa este efecto debido a que su contenido de agua es mayor que el segundo para obtener la misma trabajabilidad. Las resistencias y rigidez de la partícula de los agregados también influirán en la resistencia del concreto.

El factor que influye en la resistencia mecánica del concreto, como: Fraguado del concreto, es uno de los factores que afectan la resistencia del concreto las velocidades de endurecimientos que se observa la mezcla cuando cambia al estado plástico a su estado endurecido, es decir se pasan de fraguado.

El factor que influye en la resistencia mecánica del concreto, como: las edades del concreto, desde que aparece el fraguado final del concreto, inicia realmente los procesos de adquisiciones de resistencias, los cual van aumentar mediante el tiempo. Con la finalidad que la resistencia del concreto sea una variable que caracteriza su propiedad de mecánica, se escogió directamente la edad de 28 días como la edad con el valor que debe especificarse en su resistencia del concreto. Se tiene que tener en cuenta que la mezcla de concreto con baja relación agua--cemento subirá su resistencia mucho más rápido que las mezclas de concreto con mayor relación agua--cemento.

Las causas por la que influye en la resistencia mecánica del concreto, como: Curado de concreto, es la pérdida de agua controlada donde la masa de concreto por efectos de s temperaturas, solares, humedad relativa, aire y así garantiza que su hidratación sea completa y así se garantiza la resistencia final. El objetivo del curado es tenerlo totalmente saturado el concreto para permitir una hidratación total del cemento; pues si está esta incompleta la resistencia final del concreto se decaerá. El factor que influirán en la resistencia mecánicas del concreto, como: Las temperaturas, es uno de los factores que están en el exterior que afecta su resistencia del concreto y tiene el siguiente incidente: Durante su proceso de curado, la temperatura más alta acelera la reacción química de la hidratación adicionando a la resistencia del concreto a una edad temprana, los efectos no fueron negativos en la resistencia continuas. Temperatura muy alta durante el proceso de colocación y fraguado del concreto aumentara la resistencia rápidamente pero es afectando negativamente la resistencia a una edad posterior, en especial después de 7 días, debido a su hidratación superficial de los granos de cemento que se produce en una estructura físicamente más porosa y pobre.

## **Equipos Y Procedimiento Para La Elaboración Del Concreto**

### **Equipo Y Herramientas:**

- 1.- El recipiente utilizado donde se elabora la probeta deben ser de hierro forjado, de acero u otro material que no se deje absorber y así no permite que se combine con el cemento. Su resistencia debe ser alta para soportar cierta condición del trabajo al ser moldeado y tener la forma cilíndrica recto de 15 cm y 30 cm. de alto.
- 2.- Cuando se compacte y moldee se requerirá de una barra de hierro o acero circular y liso, de 60 cm. de longitud y 5/8" de diámetro; se tiene que redondear uno de sus extremos.
- 3.- Con un cucharón metálico se rosea el concreto en el interior del molde.
4. Debe usar un martillo de goma con aproximadamente un peso de 600 gr. y golpeará el molde con suavidad y así liberará las burbujas de aire.
5. Una carretilla limpia de superficie no absorbente y un recipiente metálico grueso de tamaño apropiado y con suficiente capacidad para la toma, remezclado de la muestra completa y traslado.
6. Se usa una plancha con el cual se dará un acabado a la superficie del concreto que esta en el molde.

### **Procedimientos:**

1. Se elige un ambiente adecuado en la obra para la elaboración de las probetas. Este ambiente tiene los siguientes requisitos:

Debe tener una superficie plana, rígida y horizontal.

Debe encontrarse sin vibraciones.

Debe tener un techo de ser necesario a fin de moldear la probeta bajo sombra.

2. Antes iniciar el moldeado y tomar la muestra, se verifica lo siguiente:

Se cierra los moldes con pernos y estos deben de estar en condiciones perfectas.

Para evitar que se escape la mezcla, deben ser herméticos.

Tiene que tener verticalidad de 90° el molde referente a la placa de asiento.

Debe de estar limpio toda la superficie interior del molde.

Para quitar el molde con facilidad, se podría aplicar una capa de petróleo o aceite mineral ligeramente al interior de la superficie del molde.

3. En el recipiente metálico se toma la muestra de concreto destinado para ese fin.
4. Se realiza tres capas para el moldeado de la probeta, con 10 cm cada una de ellas, según el siguiente detalle:

#### **Primera Capa:**

Compactar la primera capa en todo su espesor, se darán 25 chuceadas con una varilla lisa, distribuida de una manera homogénea en la mezcla. Hacia abajo va el extremo redondeado de la varilla.

Cuando la capa se encuentre culminada, golpear suave alrededor 10 veces el molde con el martillo para que las burbujas liberen el aire que se encuentra atrapado en el interior de la mezcla.

#### **Segunda Capa:**

Colocar la mezcla y distribuir de manera uniforme en el molde con un cucharón.

Con 25 "chuceadas" se compacta y con la varilla lisa. Debe ingresar una varilla de 1" en su primera capa.

Se golpear 10 veces suavemente alrededor del molde con el martillo para libera burbujas de aire.

#### **Tercera Capa:**

En capa final, Se agregara suficientes cantidades de mezcla para que los moldes queden llenos.

Mediante 25 "chuceadas" se compactara la tercera capa de igual manera con la varilla lisa, distribuidas en toda la masa recién colocada y teniendo cuidado que sean uniformes. Debe ingresar 1 pulgada de varilla al insertarlo en la segunda capa. Una vez se culmina compactación, se golpeará suavemente unas 10 veces alrededor del molde con el martillo que liberan las burbujas de aire de las mezclas.

5. Para identificar las probetas se pegara etiquetas de papel en la parte externa de cada molde con las siguientes informaciones:

**Numero de Probeta**

**Fecha de elaboración**

6. Las probetas deben transportarse inmediatamente, después de su elaboración y con mucho cuidado a donde se almacenara.

7. 24 horas después de su elaboración se retira el molde con cuidado.

8. Posteriormente, con un plumón indeleble los datos escritos en la etiquetas de papel tendrán que ser escritos sobre la probeta que se utiliza y cuidadosamente de no malograr la superficie.

**Curado**

Se cura las probetas inmediatamente, después de haber sido desmoldadas, colocando en un recipiente con agua potable. El agua completamente debe de cubrir las caras de las probetas.

**Cola De Caballo (Equisetum Arvenses)**

Gierlinger N, Sapei L, Paris O. (2007) La planta de cola de caballo es encontrada en cerca de zonas acuosas como arroyos, pantanos y crece en zonas templadas particularmente de Europa, África del Norte, hemisferio norte de Asia y Norteamérica.

Se distingue por capacidad peculiar para depositar sílice en su epidermis y tiene vástago articulado con vórtices fundidos de hojas nodales. Así se usaron en Europa pulir madera y para desgrasar metal durante tiempo atrás (la "fiebre del lavado" es común el nombre para Equisetum, en especial Equisetum hyemale que tiene troncos silíceo áspero).

Equisetum es un género que está dividido en común en grupos de dos y subgénero que esta dividido en 15 especies como Hippochaete e Equisetum. El primero tiene tallos ramificados y estomas al ras con la epidermis por ejemplo E.arvense, mientras por debajo de la superficie tiene estomas hundidos de la epidermi y tallos en general no ramificado por ejemplo, E. hyemale. Reducción de la tasa de transpiración que influye en su característica perenne la reflexión de la luz excesiva junto con la cutícula actuar



como protector contra depredadores proporcionar una espora viable para la reproducción.

También se ha reivindicado a menudo un papel mecánico de la sílice en el fortalecimiento y el endurecimiento del tejido. A pesar del acuerdo general de un importante papel funcional de la sílice como elemento en la familia Equisetum, ha habido pocos estudios experimentales sobre la estructura, concentración local y distribución de sílice en estas plantas.

### **Propiedades Químicas de Ceniza de Cola de Caballo (Equisetum Arvenses)**

Los datos de sus propiedades químicas obtenidas por ensayos de Fluorescencia de Rayos x (FrX) de la ceniza ponen de manifiesto sus debidos componentes fundamentales de sílice y óxido de calcio.

#### **Tabla 6**

Composición química expresada como óxidos.

<b>Composición química</b>	<b>Resultado (%)</b>
Dióxido de silicio (SiO <sub>2</sub> )	51.359
Óxido de magnesio (MgO)	14.526
Óxido de potasio (K <sub>2</sub> O)	13.753
Óxido de calcio (CaO)	11.931
Trióxido de aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	4.646
Pentóxido de fosforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	1.624
Trióxido de hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1.206
Trióxido de azufre (SO <sub>3</sub> )	0.815
Dióxido de titanio (TiO <sub>2</sub> )	0.087
Óxido de estroncio (SrO)	0.052
Óxido de zinc (ZnO)	0.021

**Fuente:** Laboratorio LABICER universidad nacional de Ingeniería

## Conceptuación y Operacionalización de variables:

**Tabla 7**

*Variable Dependiente*

<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Indicador</b>
Resistencia a la compresión del concreto	máximo esfuerzo que un material soporta bajo una carga de aplastamiento. Normalmente, se expresa en kilogramos por centímetros cuadrados ( $\text{kg/cm}^2$ ),	El esfuerzo máximo que puede soportar un espécimen cilíndrico.	$\text{Kg/cm}^2$

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 8**

*Variable Independiente*

<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Indicador</b>
sustitución parcial del cemento por el 5% y 10% de ceniza de cola de caballo	Proceso de selección de materiales (cemento, agregados y agua) para obtener un producto con características de trabajabilidad y consistencia.	La sustitución del cemento por el 5% y 10% de ceniza de cola de caballo, cambiara la resistencia a compresión de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	5 % y 10 % de ceniza de cola de caballo.

Fuente: Elaboración propia

## **HIPÓTESIS**

La sustitución del 5% y 10% del cemento por las cenizas de cola de caballo mejoraría la resistencia del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

## **OBJETIVOS**

### **Objetivos Generales**

Determinar la resistencia a la compresión de un concreto  $F'c 210\text{kg/cm}^2$  cuando se sustituye al cemento por el 5% y 10% de cola de caballo.

### **Objetivos Específicos**

- Determinar la temperatura de calcinación de la cola de caballo a través del análisis térmico diferencial (ATD).
- Obtener el valor de la alcalinidad de la cola de caballo y la mezcla de cola de caballo con cemento.
- Obtener la composición química de cola de caballo por fluorescencia de rayos x (FRX).
- Determinar la relación agua/cemento del concreto patrón y experimentales.
- Determinar las resistencias a la compresión del concreto patrón y experimentales a las edades de 7, 14 y 28 días con interpretación estadística.

## METODOLOGIA





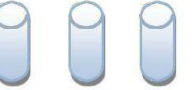




El modelo de investigación es aplicada, ya que nos sirvió como un nuevo procedimiento para elaborar un nuevo diseño de concreto en el cual sustituimos parcialmente al cemento por las cenizas de cola de caballo, favoreciendo a los pueblos con carencias económicas y poder generando una nueva alternativa para poder diseñar viviendas con mayor resistencia y durabilidad.

El diseño de investigación es experimental en el cual se hizo la comparación de 2 grupos investigación, para el cual se realizó el control y manipulación de las variables independientes que es el diseño del concreto, por lo cual estudio un nuevo método en el cual sustituyo parcialmente al cemento por la ceniza de cola de caballo para aumentar su resistencia a la compresion.

La investigación en su mayor parte se elaboró en el laboratorio de Ingeniería civil de la Universidad San Pedro.

El proyecto es de enfoque cuantitativo, ya que se estudió sus indicadores y las variables que tiene el objetivo de medir y registrar los valores que se encuentran respueste en instrumentos de las recolecciones de datos, donde se obtuvo resultados de acuerdo a lo planteado en los objetivos

**TABLA 9**

<b>DIAS DE CURADO</b>		<i>“RESISTENCIA DEL CONCRETO DE F’C=210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR EL 5% Y 10% CENIZA DE COLA DE CABALLO”</i>								
		0%		5%		10 %				
7 DIAS										
14 DIAS										
28 DIAS										

Fuente: Elaboración propia.

El objetivo del concreto es observar su comportamiento en su resistencia, se utilizó un porcentaje de ceniza de cola de caballo, se utilizó un porcentaje de ceniza de cola de

caballo, se sustituyó el 5% y 10 % del cemento de su peso absoluto, ya que se utilizó las mismas dimensiones.

Se tomó el mínimo número de probetas de concreto que exige la norma. Se trabajó con toda la población, que consta de 27 probetas de concreto y en la cual utilizaremos la norma ASTM C 39 “Se normalizo el método de ensayo para la resistencia a la compresion de muestras cilíndricas de concreto” en la cual se consideró lo siguiente:

- De las 9 probetas de control (Patrón) es decir se hizo probetas comunes con los agregados de cemento arena piedra y agua, 3 probetas serán para 7 días, 3 probetas para 14 días y 3 probetas para 28 días de curado respectivamente.
- De las 9 probetas experimental sustituyendo el 5% de ceniza de cola de caballo, 3 probetas serán para 7 días, 3 probetas para 14 días y 3 probetas para 28 días de curado respectivamente.
- De las 9 probetas experimental sustituyendo el 10% de ceniza de cola de caballo, 3 probetas serán para 7 días, 3 probetas para 14 días y 3 probetas para 28 días de curado respectivamente.

Técnicas E Instrumentos De Investigación se muestran en la siguiente tabla:

**TABLA 10**

*Técnicas de Recolección de Información*

<u>Técnicas de Recolección de Información</u>	Instrumento	ÁMBITO (2 GRUPOS)
Observación científica	Guía de observación resumen. Ficha de observación del Laboratorio de Mecánica de suelo y ensayo de materiales	Grupo Control (Diseño de mezcla del concreto sin modificación). Grupo Experimental (Diseño de mezcla del concreto sustituyendo al cemento por el 5% y 10% de ceniza de cola de caballo)

Fuente: Elaboración propia.

Se aplicó como técnicas de observación ya que la apreciación de los materiales fueron registrados de maneras cuidadosas y todo aquello que se observado fue escrito.

Para ello el procedimiento de datos fueron después de los ensayos respectivos con la ayuda de hojas de cálculo Excel.

Se tuvo en cuenta lo siguiente:

La materia prima fue obtenida de la Huaca choloque a 26 minutos en minivan desde el instituto nacional de cultura.

La cola de caballo pasó por una limpieza rigurosa para así poder eliminar toda impureza orgánica, una vez lavado se pasó al secado a temperatura ambiente por 15 días.

Luego se tomó una muestra de cola de caballo y se procedió a la trituración en un mortero para que luego pase por la malla N° 200 y así obtener 3 gr que nos sirvió para nuestro análisis térmico diferencial (ATD) en el laboratorio de polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo.

Para determinar nuestro grado de alcalinidad (pH) y determinar nuestra composición química de cola de caballo se procedió al pre quemado y así obtuvimos las cenizas de la cola de caballo que serán activadas térmicamente a una temperatura de 380 °C en un tiempo de 2 horas, luego se pasó a tamizar por la malla N° 200.

Una vez obtenida la ceniza de cola de caballo activada térmica y mecánicamente se determinó el grado de alcalinidad (pH) de la ceniza de cola de caballo y sus combinaciones para así poder sustituir el 5 % y 10 % del cemento, dichos ensayos fueron realizados en la Corporación de laboratorios de ensayos clínicos, biológicos e industriales ( COLECBI).

Para evaluar cómo va influir nuestra ceniza de cola de caballo en la resistencia del concreto, se obtuvo una muestra de 20 gr para poder realizar su análisis de Fluorescencia de Rayos X , en el laboratorio de Arqueometría, en la facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Nacional San Marcos.

Para determinar nuestro diseño de mezcla tuvimos que realizar los siguientes ensayos:

- Granulometría de los agregados finos y gruesos según Norma ASTM C-556.
- Absorción y contenido de humedad de los agregados finos y gruesos según Norma ASTM C-556.
- Peso específico Según Norma ASTM C-128/ NTP 400.022
- Posterior mente se hizo el cálculo de la dosificación para el diseño de mezcla de las muestras de concreto.

Se buscó la relación agua/cemento (A/C) una vez obtenida la dosificación de los materiales del concreto experimental (5% y 10%) a partir del ensayo de asentamiento.

**Tabla N° 11**

Cálculo de la cantidad de ceniza de cola de caballo

Cola de caballo	Pre calcinado de cola de caballo	Calcinación de ceniza	Pasando por malla # 200
1000.00 gr	315.10 gr	266.00 gr	251.3 gr

Fuente: Elaboración propia.

En el ensayo de compresión de la muestra de concreto a las edades de 7, 14 y 28 días fueron elaboradas en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro, con los datos obtenidos se pasó a representarlos en tablas, porcentajes, gráficos y promedios.

## RESULTADOS

### Análisis Térmico Diferencial (ATD)

Podemos observar en el análisis térmico diferencial nos muestra la curva calorimétrica (Anexo N°).

Según la curva se percibe una importante pérdida de masa entre 80°C y 120 °C, en el rango de 220 °C y la pérdida total de masa es de 64%.

Posteriormente se evidencia un pico de absorción de calor a 380 °C con gran probabilidad de ocurrir cambios en sus características del material.

### Calcinación de la ceniza de cola de caballo

Para la calcinación compararemos el antes y después de la calcinación por un lapso de 2 horas a una temperatura de 380 °C.

Tabla N° 12

Cantidad de materia antes y después de la calcinación.

Cola de caballo	Pre calcinado de cola de caballo	Temperatura °C	Calcinación de ceniza	Pasando por malla # 200	Pérdida de masa total (%)	Sobrante de la calcinación (%)
1000.00 gr	315.10 gr	380	266.00 gr	251.30 gr	70.47	29.53

Fuente: elaboración propia.

Una vez hecho el análisis térmico diferencial a nuestra cola de caballo determinamos la temperatura a la que debemos calcinar.

La ceniza que necesitamos para el primer experimental del 5 % es de 96.55 gr x 9 = 868.95 gr para 9 probetas y para el segundo experimental del 10 % se uso 193.10 gr x 9 = 1737.90 gr para 9 probetas, siendo un total de 2606.85 gr de ceniza de cola de caballo ya activada que usaremos en nuestros diseños experimentales.



## Valor de Alcalinidad

**Tabla N°13**

Ph de la ceniza de cola de caballo y de sus combinaciones al 5% y 10 % de sustitución.

<b>Muestra</b>	<b>pH</b>
Cemento tipo I	12.57
Ceniza de cola de caballo	10.68
95% cemento + 5% ceniza de cola de caballo	13.95
90% cemento + 10% ceniza de cola de caballo	13.75

Fuente: elaboración propia

Se determinó que la ceniza de cola de caballo es un material alcalino con un Ph de 10,68.

**Composición química de la ceniza cola de caballo y sus combinación de cemento tipo I sustituido parcialmente al 5% y 10% el ensayo fue realizado por (espectrometría de fluorescencia de rayos x).**

El análisis fue realizado por espectrometría de rayos x a la ceniza de cola de caballo registrando que el componente más abundante es el Óxido de Silicio (SiO<sub>2</sub>) en un 55.071 % y Oxido de Calcio (CaO) en un 9.852 % los cual son los principales componentes del cemento para aumentar la resistencia del concreto, dichos resultados podemos apreciarlos en la Tabla N° 14 y en la Figura N° 1

**Tabla N°14**

Composición química de ceniza de ceniza de cola de caballo.

COMPOSICION QUIMICA	RESULTADO
	(%)
(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	11.363%
(SiO <sub>2</sub> )	55.071%
(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	3.915%
(SO <sub>2</sub> )	6.650%
(ClO <sub>2</sub> )	4.236%
(K <sub>2</sub> O)	7.298%
(CaO)	9.852%
(TiO <sub>2</sub> )	0.024%
(MnO)	0.017%
(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.591%
(CuO)	0.501%
(ZnO)	0.322%
(SrO)	0.020%
(SeO <sub>2</sub> )	0.054%
(BaO)	0.086%
<b>TOTALES</b>	<b>100.00</b>

Fuente: universidad mayor de San marcos

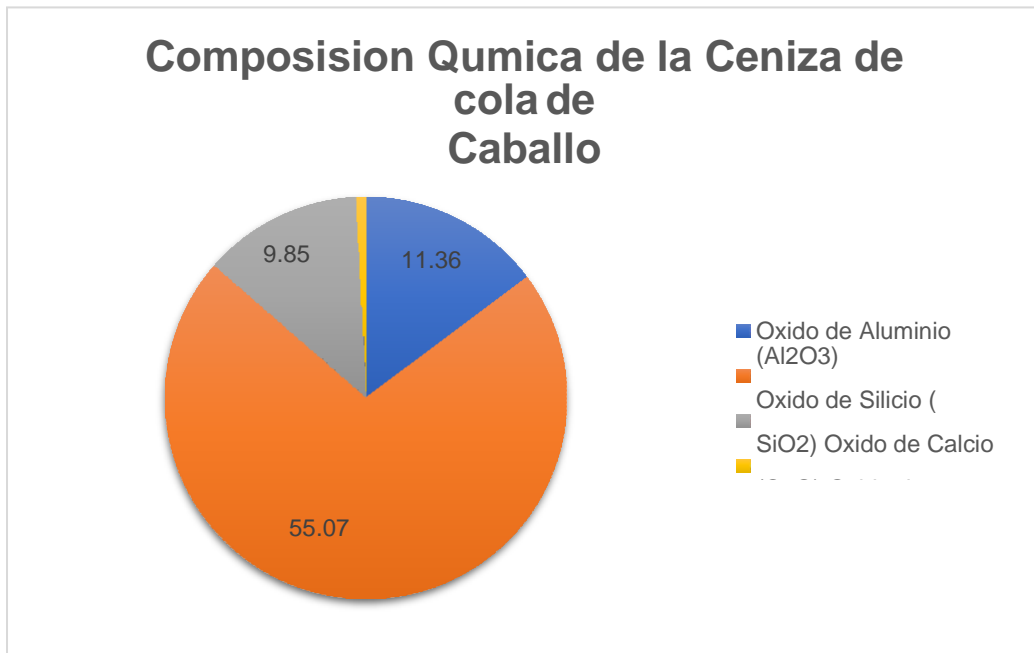


Figura N° 1: Composición química de ceniza de ceniza de cola de caballo

**Tabla N° 15**

Cantidad de material para el diseño patrón  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .

Proporciones de agregado	cantidad
Cemento tipo I	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva	lt/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	kg/m <sup>3</sup>

Fuente: Proporciones del diseño de mezcla en el laboratorio de mecánica de suelos de la USP

**Tabla N° 16**

Cantidad de material para el diseño experimental (5%)  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .

Proporciones de agregado	cantidad
Cemento tipo I	kg/m <sup>3</sup>
5 % de ceniza de cola de caballo	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva	lt/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	kg/m <sup>3</sup>

Fuente: Proporciones del diseño de mezcla en el laboratorio de mecánica de suelos de la USP

**Tabla N° 17**

Cantidad de material para el diseño experimental (10%)  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .

Proporciones de agregado	cantidad
Cemento tipo I	kg/m <sup>3</sup>
10 % de ceniza de cola de caballo	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva	lt/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	kg/m <sup>3</sup>

Fuente: Proporciones del diseño de mezcla en el laboratorio de mecánica de suelos de la USP

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A LA COMPRESION DEL DISEÑO PATRON

**Tabla 18**

Resultado de ensayo a compresión del concreto endurecido diseño patrón

N° de muestra	N° Dias (edades)	Diam. (ø)	Carga	F' c Kg/Cm2	F' c promedio	(%)	% Prom.
M1		15.17	28840	159.56		75.98	
M2	7	15.20	28930	159.43	162.80	75.92	77.52
M3		15.20	30740	169.41		80.67	
M4		15.20	33090	182.36		86.84	
M5	14	15.15	34330	190.44	184.84	90.69	88.02
M6		15.22	33060	181.71		86.53	
M7		15.20	39120	215.59		102.66	
M8	28	15.20	39850	219.61	215.31	104.58	102.53
M9		15.20	38240	210.74		100.35	

Fuente: Laboratorio mecánica de suelos USP

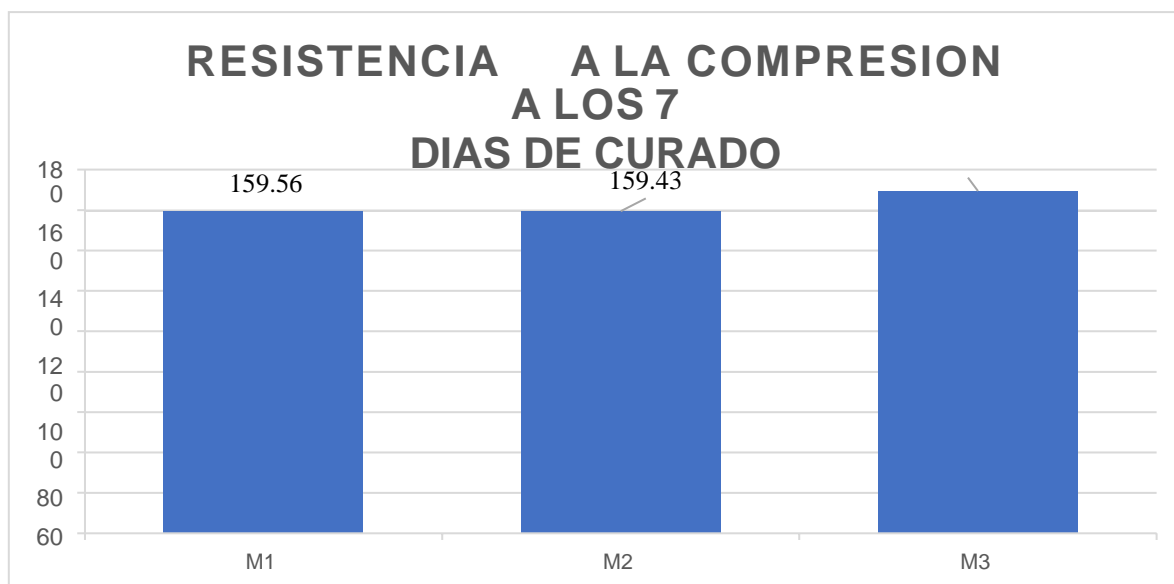


Figura N°2: Resistencia patrón a la edad de 7 días de curado.

Los resultados indican que la prueba de ensayo de compresion patrón, se registra que a los 7 días se alcanzó una resistencia promedio 162.80 kg/cm2 siendo el 77.52 %. Así mismo podemos observar que las muestras se encuentran dentro del rango del concreto que es indicado para los 7 días debe de estar entre los 70% y 85 %. Los resultados se

obtuvieron de diversos ensayos a la compresion realizados en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro.

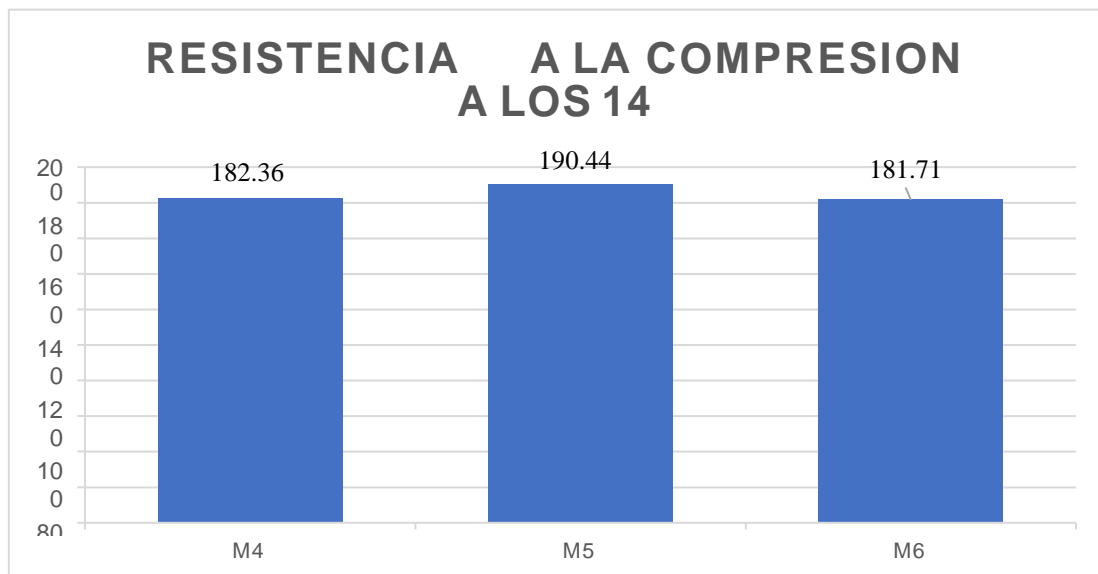


Figura N°3: Resistencia patrón a la edad de 14 días de curado.

Los resultados indican que la prueba de ensayos a la compresion patrón, se registra que a los 14 días se alcanzó una resistencia promedio de 184.84 kg/cm<sup>2</sup> siendo el 88.02%. Se obtuvieron los resultados de los variados ensayos a la compresion realizados en el laboratorio de suelos de la Universidad San Pedro.

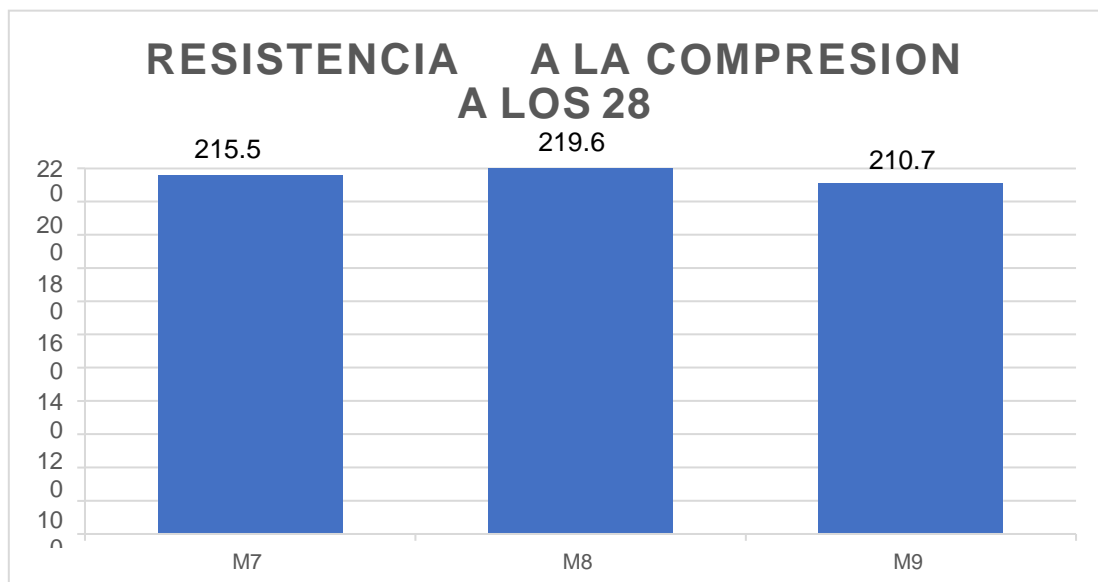


Figura N° 4: Resistencia patrón a la edad de 28 días de curado.

Los resultados indican que la prueba de ensayos a la compresion patrón, se registra que a los 28 días se alcanzó una resistencia promedio de 215.31 kg/cm<sup>2</sup> siendo el

102.53%. Los resultados fueron obtenidos de los ensayos a la compresion realizados en el laboratorio de suelos de la Universidad San Pedro.

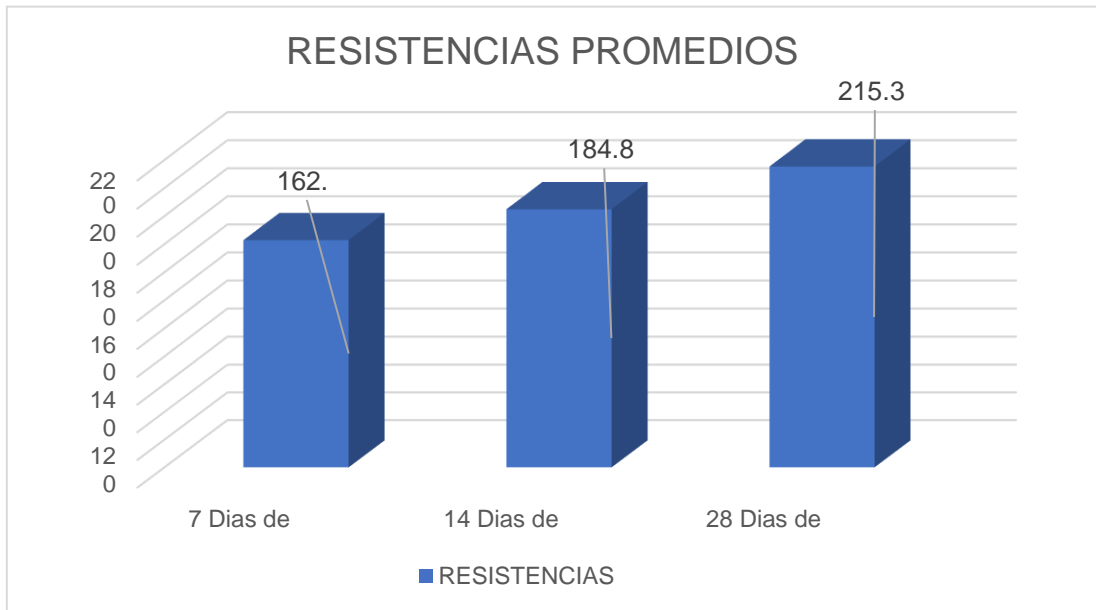


Figura N° 5: Resistencia patrón promedio a la edades de 7,14 y 28 días de curado.

De los datos obtenidos de la prueba de compresion patrón, se registró que a los 7 días obtuvo una resistencia promedio de 162.80 kg/cm<sup>2</sup> que es el 77.52 %. Asimismo podemos ver que el resultado a los 14 días es de 184.84 kg/cm<sup>2</sup> que es el 88.02%, mientras que a los 28 días obtuvimos el resultado de 215.31 kg/cm<sup>2</sup> que es el 102.53%. Respectivamente estos resultados se obtuvieron de los ensayos a compresion realizados en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro.

**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A LA COMPRESION DEL DISEÑO EXPERIMENTAL CON SUSTITUCION DEL 5 %.**

**Tabla 19**

Resultado de ensayo a compresión del concreto endurecido del diseño experimental 1 (5%)

N° de muestra	N° Dias (edades)	Diam. (ø)	Carga	F <sub>c</sub> Kg/Cm2	F <sub>c</sub>		% Prom.
					promd Kg/Cm2	%	
M1		15.15	26940	149,45		71.16	
M2	7	15.15	27930	154,94	152.44	73..78	72.59
M3		15.20	27750	152.93		72.82	
M4		15.15	32210	178.68		85.09	
M5	14	15.20	32450	178.83	183.23	85.16	87.25
M6		15.20	34870	192.17		91.51	
M7		15.17	37970	210.08		100.04	
M8	28	15.15	37810	209.74	210.87	99.88	100.41
M9		15.20	38610	212.78		101.32	

Fuente: Laboratorio mecánica de suelos USP



Figura N° 6: Resistencia experimental con sustitución del 5 % a la edad de 7 días de curado.

De los resultados obtenidos de la prueba de compresión experimental, se registra que a los 7 días se alcanzó una resistencia promedio de 152.44 kg/cm2 siendo el 72.59%. Asimismo, podemos observar que las muestras bajaron de la resistencia patrón que es 77.52%, disminuyendo en 4.93% la resistencia experimental (5%). Estos resultados se obtuvieron del ensayo a la compresión realizada en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro.

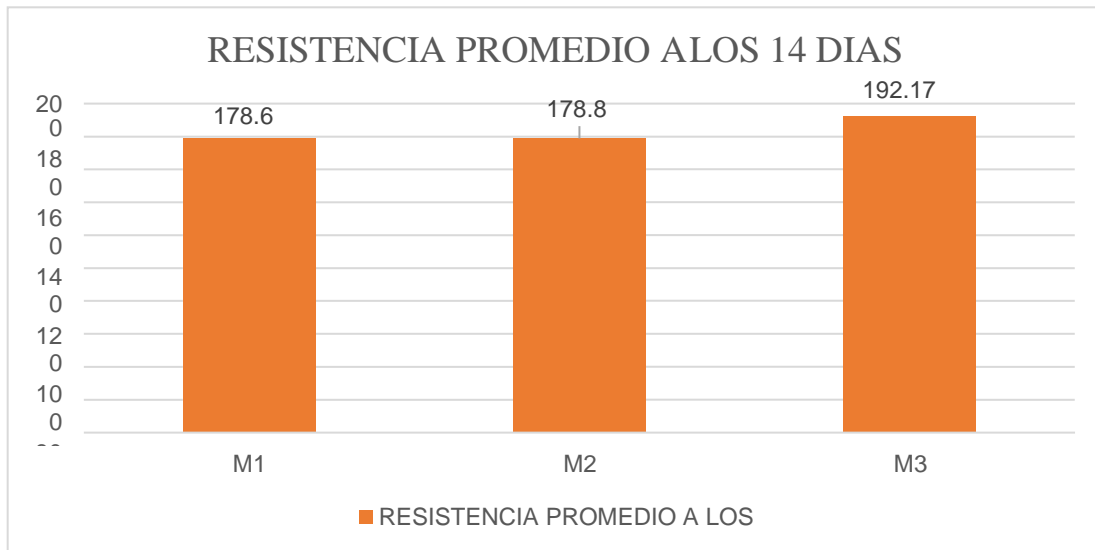


Figura N° 7: Resistencia experimental con sustitución del 5% a la edad de 14 días de curado.

De los resultados obtenidos de la prueba de compresión experimental( 5%), se registra que a los 14 días se alcanzó una resistencia promedio 183.22 kg/cm<sup>2</sup> siendo el 87.25%. Asimismo, podemos observar que las muestras bajan a comparación de la resistencia patrón que es 88.02%, disminuye en 0.77% la resistencia experimental (5%). Estos resultados se obtuvieron del ensayo a la compresión realizada en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro.

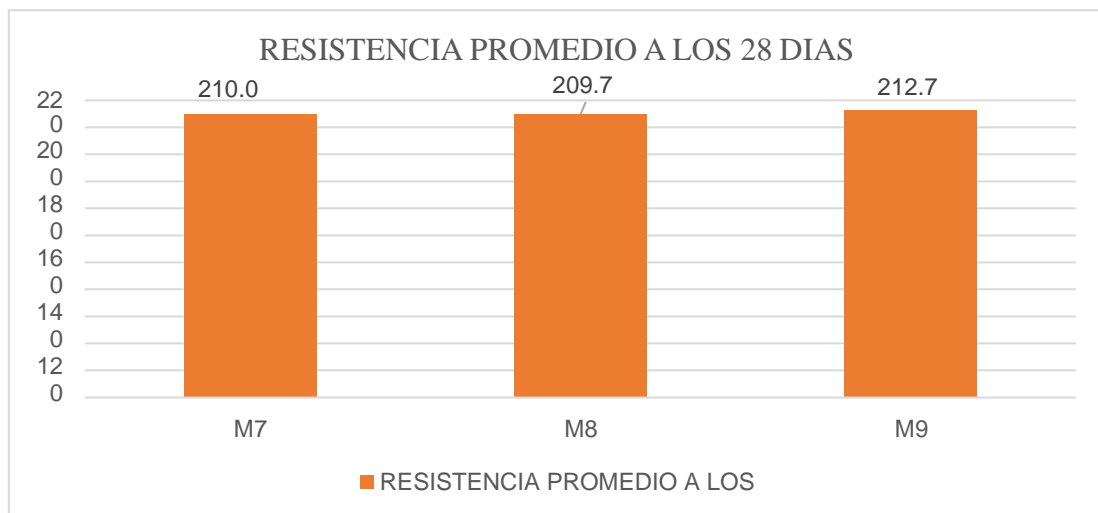


Figura N° 8: Resistencia experimental con sustitución del 5% a la edad de 28 días de curado.

De los resultados obtenidos de la prueba de compresión experimental, se registra que a los 28 días se alcanzó una resistencia promedio 210.87 kg/cm<sup>2</sup> siendo el 100.41%. Asimismo, podemos observar que las muestras bajan de la resistencia patrón que es 102.53%, disminuye en 2.12% la resistencia experimental (5%). Estos resultados se



obtuvieron del ensayo a la compresión realizada en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro.

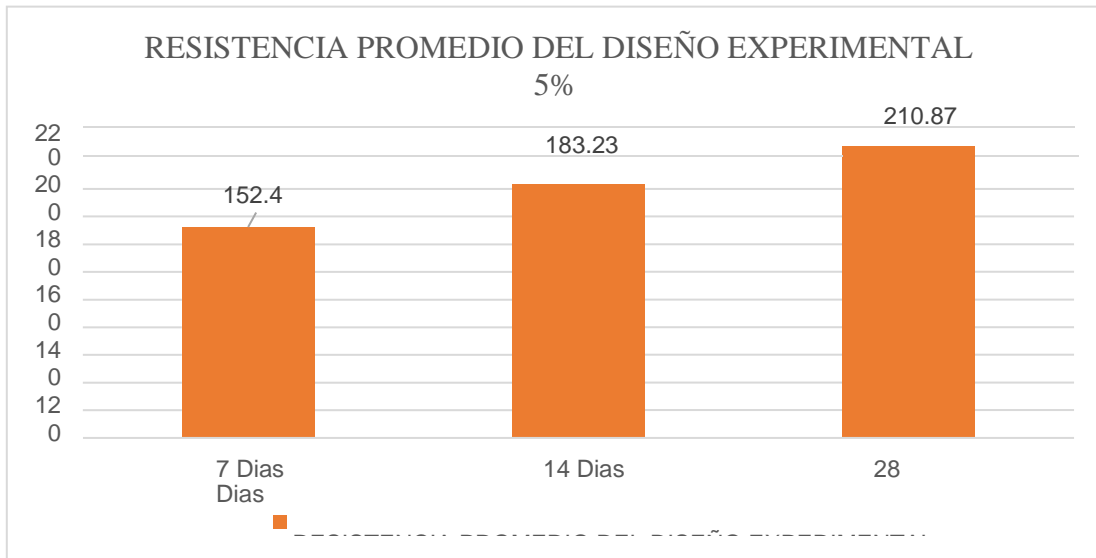


Figura N° 9: Resistencias experimental promedio a edad de 7, 14 y 28 días.

De los resultados obtenidos de la prueba de compresión experimental (5%), se registra que a los 7 días se alcanzó una resistencia promedio 152.44 kg/cm<sup>2</sup>. Asimismo, podemos ver que los resultados registrados a los 14 y 28 días fue 183.23 kg/cm<sup>2</sup> y 100.41kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Disminuyeron en 4.93 % a los 7 días, 0.77% a los 14 días y 2.12% a los 28 días. Estos resultados se obtuvieron del ensayo a la compresión realizada en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro.

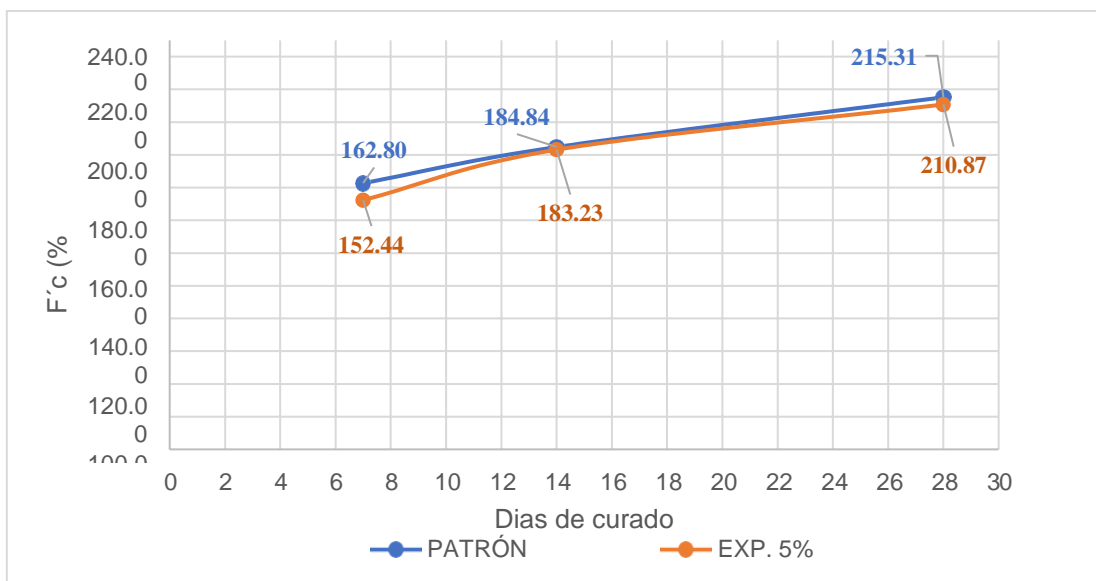


Figura N° 10: Comparación de resistencia Patrón y Resistencias experimental promedio a edad de 7, 14 y 28 días.

**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A LA COMPRESION DEL DISEÑO EXPERIMENTAL CON SUSTITUCION DEL 10 %.**

**Tabla 20**

Resultado de ensayo a compresión del concreto endurecido del diseño experimental (10%)

N° de muestra	N° Dias (edades)	Diam. (ø)	Carga	F <sup>c</sup> Kg/Cm2	F <sup>c</sup> promd Kg/Cm2	%	% Prom.
M1		15.20	26440	145.71		69.38	
M2	7	15.20	26420	145.60	145.26	69.33	69.17
M3		15.17	26110	144.46		68.79	
M4		15.15	30980	171.86		81.84	
M5	14	15.20	30700	169.18	171.18	80.56	81.51
M6		15.20	31300	172.49		82.14	
M7		15.20	36450	200.87		95.65	
M8	28	15.25	37870	207.33	200.40	98.73	95.43
M9		15.17	34880	192.98		91.90	

Fuente: Laboratorio mecánica de suelos USP

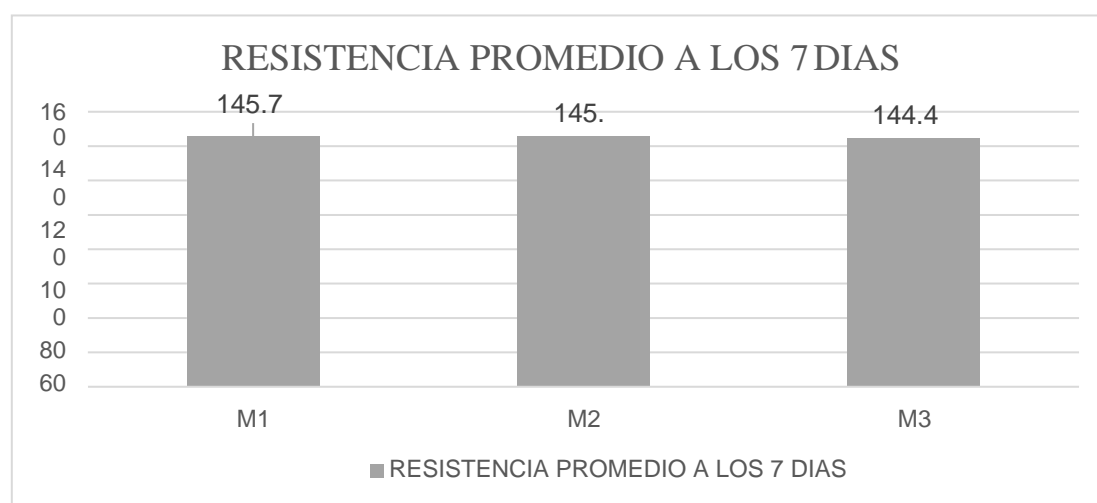


Figura N° 11: Resistencia experimental con sustitución del 10% a la edad de 7 días de curado.

De los resultados obtenidos de la prueba de compresión experimental, se registra que a los 7 días se alcanzó una resistencia promedio de 145.26 kg/cm<sup>2</sup> siendo el 69.17%. Asimismo, podemos observar que las muestras bajaron de la resistencia patrón que es 77.52%, disminuyendo en 8.35% la resistencia experimental (10%). Estos resultados se obtuvieron del ensayo a la compresión realizada en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro.

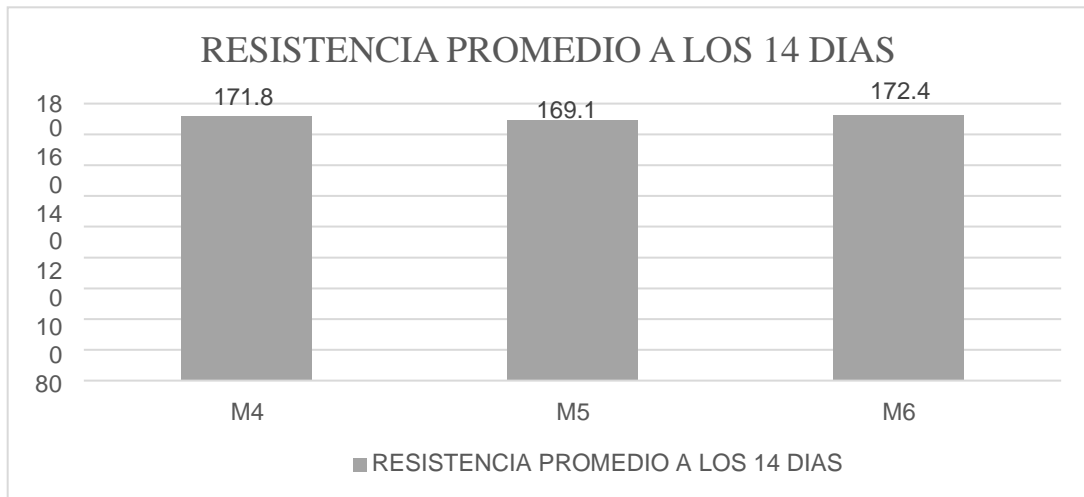


Figura N° 12: Resistencia experimental con sustitución del 10% a la edad de 14 días de curado.

De los resultados obtenidos de la prueba de compresión experimental (10%), se registra que a los 14 días se alcanzó una resistencia promedio 171.18 kg/cm<sup>2</sup> siendo el 81.51%. Asimismo, podemos observar que las muestras bajan a comparación de la resistencia patrón que es 88.02%, disminuye en 6.51% la resistencia experimental (10%). Estos resultados se obtuvieron del ensayo a la compresión realizada en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro.

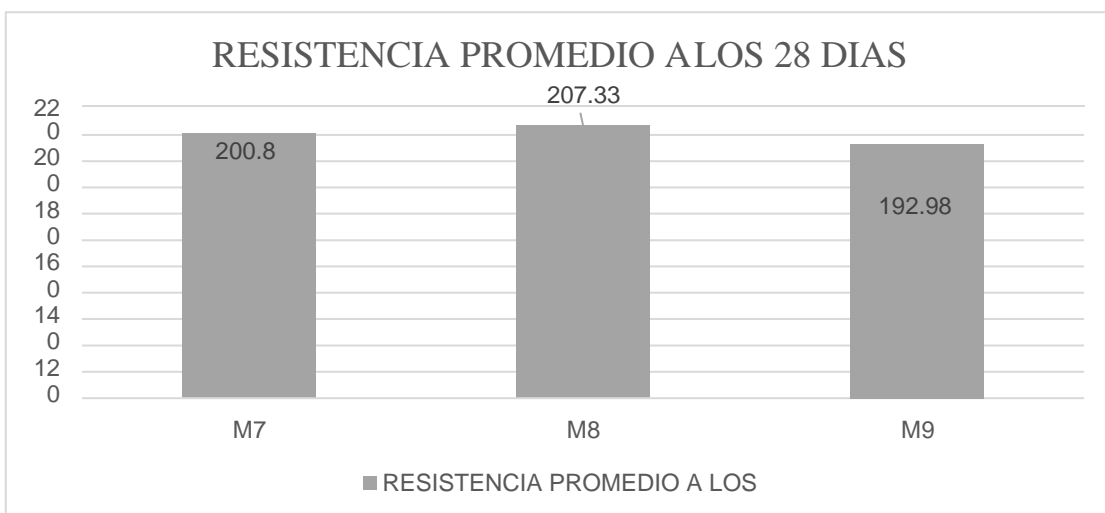


Figura N° 13: Resistencia experimental con sustitución del 10% a la edad de 28 días de curado.

De los resultados obtenidos de la prueba de compresión experimental, se registra que a los 28 días se alcanzó una resistencia promedio 200.40 kg/cm<sup>2</sup> siendo el 95.43%. Asimismo, podemos observar que las muestras bajan de la resistencia patrón que es 102.53%, disminuye en 7.10% la resistencia experimental (10%). Estos resultados se

obtuvieron del ensayo a la compresión realizada en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro.



Figura N° 14: Resistencias experimental promedio a edad de 7, 14 y 28 días.

De los resultados obtenidos de la prueba de compresión experimental (10%), se registra que a los 7 días se alcanzó una resistencia promedio 145.26 kg/cm<sup>2</sup>. Asimismo, podemos ver que los resultados registrados a los 14 y 28 días fue 171.18 kg/cm<sup>2</sup> y 200.40 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Disminuyeron en 8.35 % a los 7 días, 6.51% a los 14 días y 7.10% a los 28 días. Estos resultados se obtuvieron del ensayo a la compresión realizada en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro.

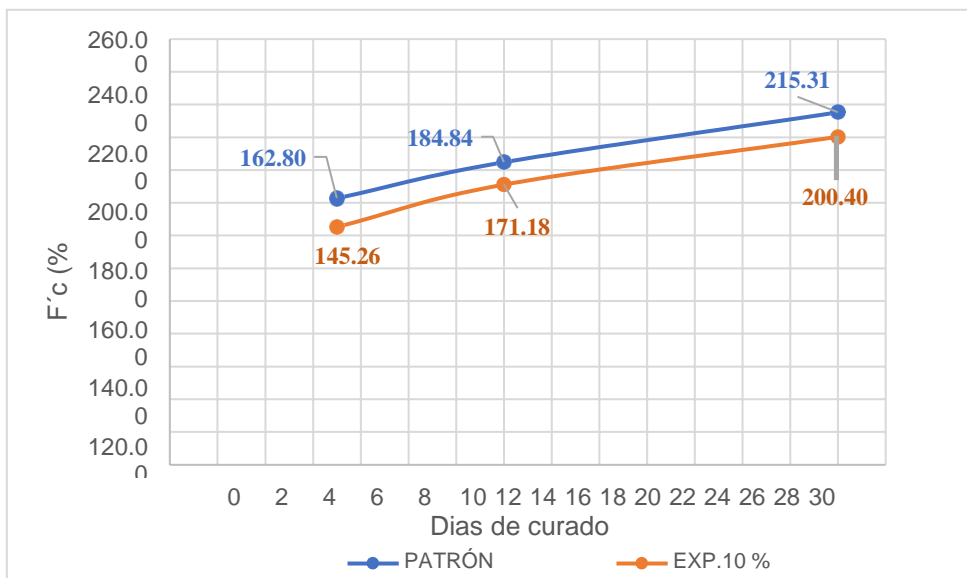


Figura N° 15: Comparación de resistencia Patrón y Resistencias experimental (10%) promedio a edad de 7, 14 y 28 días.

**Tabla 21**

Resultado de ensayo a compresión del concreto patrón y experimental						
DIAS	Patron F <sup>c</sup> = Kg/Cm <sup>2</sup>	Experimental 5% F <sup>c</sup> =Kg/Cm <sup>2</sup>	Experimental 5% F <sup>c</sup> =Kg/C m <sup>2</sup>	Patron %	Exp. (5 %)	Exp. (10%)
7	162.8	151.44	145.26	77.52	72.59	69.17
14	184.84	183.23	171.18	88.02	87.25	84.51
28	215.31	210.87	200.40	102.53	100.41	95.43

Fuente: Elaboración propia

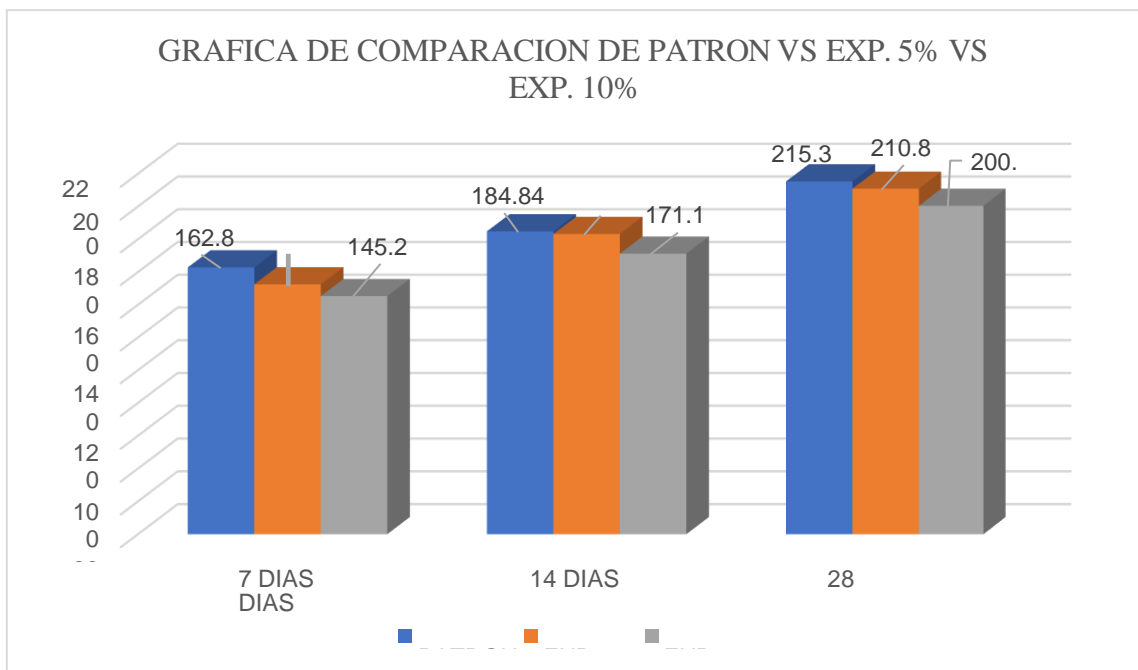


Figura N° 16: Representación de las resistencias promedios en porcentaje de patrón versus experimental.

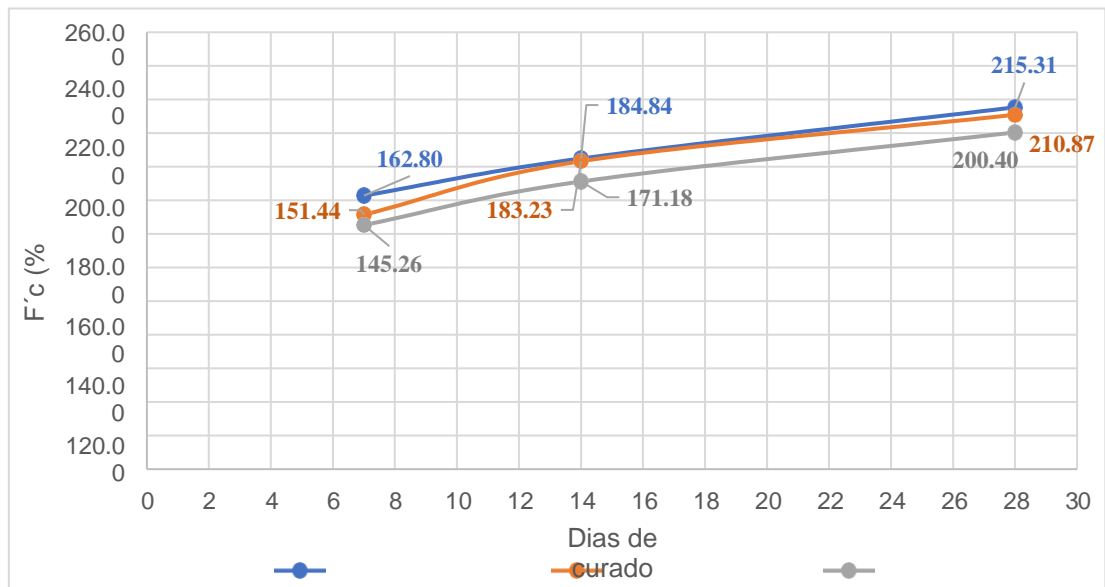


Figura N° 17: Comparación de resistencias Patrón vs Exp. 5% vs Exp. 10% promedio a edad de 7, 14 y 28 días.

Estos resultados nos llevan a comprender que las resistencias obtenidas en los experimentales con las sustituciones de las cenizas de cola de caballo estuvieron por debajo de los resultados obtenidos en nuestras muestras patrón.

## ANALISIS Y DISCUSION

En cuanto al análisis térmico diferencial realizado, se percibió que en el rango de 80°C y 120 °C hay una pérdida de agua, en el tramo 250-350 se produce un cambio de fase donde se pasa de elemento a óxidos, con el paso de tiempo la temperatura va aumentar hasta poder llegar a un momento donde se produce los óxidos principales los cuales contiene el cemento portland tipo I, tales como el óxido de sílice(SiO<sub>2</sub>) y el óxido de calcio (CaO), se analizó los resultados de la curva calorimétrica y observamos una gran posibilidad de existir algún tipo de cambio estructural del material debido a un ligero pico de absorción a 380 °C y es ahí donde se produce la activación de óxidos de nuestro material, por lo cual la temperatura a calcinar la cola de caballo es de 380 °C por un tiempo de dos horas teniendo en cuenta los siguientes antecedentes:

**Tabla 22**

Comparación de Temperaturas según antecedentes

<b>CUADRO DE TEMPERATURAS</b>					
<b>AUTOR</b>	<b>AÑO</b>	<b>T°</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>% SILICE</b>	<b>% CALCIO</b>
Carneiro, M	2015	500 °C	2 Horas	59.60%	-----
Velásquez, J	2017	300 °C	2 Horas	51.36%	11.932%
Ibáñez, E	2017	520 °C	1H 30 min	65.12%	11.25%
Solís, C	2018	520 °C	2 Horas	76.83%	3.123%
Ludeña, M	2020	380 °C	2 Horas	55.07%	9.852%

Fuente: Elaboración propia

Respecto a su nivel de alcalino (pH), la ceniza de cola de caballo obtuvo un valor de 10,68, en la mezcla de sustitución de cemento por el 5 % obtuvo un valor de 13,95 y en la mezcla de sustitución del cemento por el 10% logro obtener un valor 13,75.

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis de fluorescencia de rayos X a las cenizas de cola de caballo obtuvimos los siguientes componentes químicos en donde el óxido de sílice (SiO<sub>2</sub>) 55.07 % por encima de lo que necesito un cemento portland tipo I, que está en la tabla N° 24 que debe de estar entre 20% - 27 % esto ocasiona que haya una mejora considerable en las propiedades del concreto en estado fresco, endurecido y en lo económico a largo plazo de niveles de resistencia a la compresion y en cuanto al oxido de calcio (CaO) tenemos un 9.85 %, el cual se encuentra por debajo del rango necesario para un cemento portland tipo I que podemos apreciar en la tabla N°24 que debe de estar entre 61% -67% lo cual no será positivo para el concreto al momento de la hidratación y al obtener resistencias tempranas y referente a los álcalis

encontrados al óxido de potasio (K<sub>2</sub>O) que contiene un 7.29 % en comparación al cemento que contiene entre el 0.25 % - 1.5 % esto ocasionará que no haya expansión y agrietamientos irregulares en el concreto.

**Tabla N° 23**

Porcentajes de materias primas principales del cemento tipo I

Compuestos	Porcentajes
<b>CaO</b>	61 % - 67 %
<b>SiO<sub>2</sub></b>	20 % - 27 %
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	4 % - 7 %
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	2 % - 4 %
<b>SO<sub>2</sub></b>	1 % - 3 %
<b>MgO</b>	1 % - 5 %
<b>K<sub>2</sub>O y Na<sub>2</sub>O</b>	0.25 % - 1.5 %

Fuente: Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú, Jiménez.

En cuanto al diseño de mezcla, para el patrón se obtuvo un asentamiento plástico de 3.5 “, cumpliendo con nuestro diseño planteado inicialmente que se encuentra en el intervalo de ( 3” a 4 “) con una relación agua- cemento



## CONCLUSIONES

Se llegó a la conclusión que la cola de caballo cambio su estado a la temperatura de 380 °C por un tiempo de 2 horas y a partir de eso se origina los óxidos requeridos para que su resistencia a la compresion aumento para nuestro diseño de concreto.

Mediante los análisis de pH se llegó a la conclusión que el concreto debe ser superior a 7, el pH obtenido de la mezcla del cemento portland tipo I con sustitución del 5 % de ceniza de cola de caballo obtuvo un valor de 13,95 siendo un material alcalino y la segunda mezcla que fue de cemento portland tipo I con sustitución del 10% de ceniza de cola de caballo obtuvo un valor de 13.75, siendo un material alcalino, estos valores de pH protegen al acero.

Los ensayos de Fluorescencia de rayos X (Fr<sub>x</sub>), la muestra registro componentes químicos de Oxido de Sílice (SiO<sub>2</sub>) 55.07 %, Oxido de Calcio (CaO) 9.85 %, componentes básicos del cemento y oxido de potasio (K<sub>2</sub>O) 7.29 %

La relación agua-cemento del diseño patrón es 0.705, el diseño del 5 % de sustitución obtuvo una relación agua-cemento de 0.741 y el diseño de 10 % de sustitución obtuvo una relación agua-cemento de 0.78 debido al aumento de las sustituciones que se hizo al cemento pero concluyendo que el nuevo cemento no necesito de una mayor cantidad de agua, para llegar a tener la misma trabajabilidad que el cemento común, debido a la cenizas activadas de cola de caballo.

Se pudo observar que el diseño experimental con el 5 % de ceniza de cola de caballo obtuvo resultados óptimos al obtener una resistencia a la compresion de 210.87 kg/cm<sup>2</sup> que fue superior a al segundo diseño experimental con el 10 % de ceniza de cola de caballo que obtuvo 200.40 kg/cm<sup>2</sup> ambos los 28 días de curado, nuestro diseño patrón obtuvo una resistencia a la compresion de 215.31 kg/cm<sup>2</sup> que fue mayor a nuestro diseño experimental del 5 % de ceniza de cola de caballo pero aun así se demuestro que tiene los compuestos químicos necesarios que favorecen a la resistencia a la compresion y lo cual es aceptable en construcción.

Se encontró que el valor de peso específico de la ceniza de cola de caballo cual es 3.09 gr/cm<sup>3</sup> que es menor al peso específico del cemento que es de 3.10 gr/cm<sup>3</sup> y esto influyo de manera negativa en el diseño y control de mezcla del concreto, específicamente en resistencia y asentamiento.

Sabemos que el óxido de calcio es el componente principal del cemento e interviene netamente en el calor de hidratación y define su resistencia inicial y nuestros resultados obtenidos en nuestros ensayos nos muestran que tenemos un descenso significativo por la poca presencia del óxido de calcio (CaO) que se encuentra en un porcentaje de 9.85 %, este porcentaje se ve reflejado en su calor de hidratación y su poca resistencia.

## **RECOMENDACIONES**

Por los resultados obtenidos es recomendable seguir estudiando la ceniza de cola de caballo, analizando a nuevas temperaturas y a diversos tiempos para su calcinación.

Se recomienda elaborar nuevas dosificaciones para así obtener mejores resultados de resistencia del concreto.

En posteriores investigaciones que se realicen se recomienda usar bajos porcentajes de sustitución de ceniza de cola de caballo y realizar nuevos análisis de fluorescencia de rayos X (FrX) para obtener sus componentes químicos.

Utilizar otros porcentajes para la sustitución del cemento que puedan dar resultados favorables para el concreto.

Se deberá mejorar la resistencia con mayores tiempos de curado como por ejemplo a los 45 días de curado.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a Dios por acompañarme y guiarme por el camino indicado y darme mucha fortaleza, amor y humildad que me serán útiles en mi vida profesional.

A mis padres Juan e Irma que me inculcaron buenos valores que me en el transcurso de mi vida, a mi esposa e hija que fueron mi gran motivación para seguir adelante y a mi querida abuela Edelmira que me apoyo incondicionalmente para poder culminar la carrera profesional de ingeniería civil.

A todos los docentes que me brindaron su conocimiento para mi formación profesional.

A mi asesor el Ing. Miguel Solar Jara por brindarme su tiempo y compartirme su conocimiento que me será útil en transcurso de mi vida profesional.

MARCO ANDRE LUDEÑA ACOSTA

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Castillo, A. (2009). *Tecnología del Concreto*. Lima, Perú: San Marcos. Recuperado de:

<https://www.studocu.com/pe/document/universidad-catolica-san-pablo/mecanica/otros/356721507-306087568-tecnologia-del-concreto-flavio-abanto-pdf/4282817/view>

Carneiro, M., et al. (2015). *Preparation and Characterization of Nano Silica from Equisetum arvenses*. Recuperado de:

[Bioprocessing & Biotechniques, 5:205, doi: 10.4172/2155-9821.1000205](https://doi.org/10.4172/2155-9821.1000205)

Gierlinger N, Sapei L, Paris O. (2007). *Miradas En Torno A La Composición Química De Equisetum Hyemale De Alta Resolución*. 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)

Ibáñez, E. (2017). *Resistencia de mortero sustituyendo al cemento por la combinación de 12% de polvo de concha de coquina y 36% de cenizas de cola de caballo*. Recuperado de:

[http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/5398/Tesis\\_56940.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/5398/Tesis_56940.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Juárez, J. (2005), *Resistencia de los materiales*. Recuperado de:

[https://www.academia.edu/4949522/resistencia\\_de\\_materiales\\_b%20c3%81sica](https://www.academia.edu/4949522/resistencia_de_materiales_b%20c3%81sica)

León, B. (2012). *La cola de caballo (Equisetum, Equisetaceae) comercializada y exportada del Perú*.

Revista Peruana de Biología, 19. Recuperado de:

[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S172799332012000300018&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S172799332012000300018&script=sci_abstract)

Neville, M (2015). *Concrete Technology*. Recuperado de:

<http://www.icivilhu.com/Civilteam/3rd/Building%20Material/Concrete%20Technology,%202nd%20Edition%20Book.pdf>

NTP 400.011.Agregados. Recuperado de:

<https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-agraria-la-molina/resistencia-de-materiales/otros/ntp-400011-agregados-definicion-y-clasificacion/8804956/view>

NTP 400.017. *Densidad Aparente*. Recuperado de:

[http://www.monografias.com/trabajos-pdf/norma-tecnica-peruana\\_tres/norma-tecnica-peruana-tres.pdf](http://www.monografias.com/trabajos-pdf/norma-tecnica-peruana_tres/norma-tecnica-peruana-tres.pdf)

NTP 400.021 *Peso Específico Para Agregado Grueso*

<https://studylib.es/doc/8934314/norma-tecnica-ntp-400.021-peruana-2002--2->

NTP 400.022. *Peso Específico Para Agregado Fino*. Recuperado de:

[https://kupdf.net/download/ntp-4000222013-agregados-metodo-peso-especifico-y-absorcion-del-agregado-fino\\_59c03df208bbc5f314686f9e\\_pdf](https://kupdf.net/download/ntp-4000222013-agregados-metodo-peso-especifico-y-absorcion-del-agregado-fino_59c03df208bbc5f314686f9e_pdf)

NTP 400.037. *Agregados para concreto*. Recuperado de:

<https://es.slideshare.net/hersacs/ntp-400-0372014especificacionesagregados>

Osorio, C. (2013), *Mecánica del concreto*. Recuperado de:

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/6831/4/tesisan%20de%20las%20propiedades%20mec%20nicas%20de%20un%20concreto%20convencional%20adicionando%20fibra%20de%20c%20a.pdf>

Pasquel, C. (1998). *Tópicos de Tecnología de Concreto*. Lima, Perú. Recuperado de:

[https://es.slideshare.net/cmanuel\\_locky/topicos-de-tecnologia-del-concreto-en-el-peru](https://es.slideshare.net/cmanuel_locky/topicos-de-tecnologia-del-concreto-en-el-peru)

Pinto, O. (2001). *Diseño de concreto*. Recuperado de:

[https://issuu.com/gustavochonlongalcivar/docs/dise\\_o\\_y\\_control\\_demezclasdecon](https://issuu.com/gustavochonlongalcivar/docs/dise_o_y_control_demezclasdecon)

Rivera, C. (2010). *Concreto simple*. Recuperado de:

<https://civilgeeks.com/2013/08/28/libro-de-tecnologia-del-concreto-y-mortero-ing-gerardo-arivera-l/>

Solís, C. (2018). *Resistencia de una pasta cementante sustituyendo en 5% por polvo de almeja (semele sp) y 12% por ceniza de cola de caballo*. Recuperado de:

[http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/5410/Tesis\\_56934.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/5410/Tesis_56934.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Teodoro, E. (2005). *Diseño de estructuras de concreto armado*. Recuperado de:

<https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/disen-de-estructuras-de-concreto-harmsen.pdf>

Velásquez, J. (2017). *Resistencia a la compresión de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , sustituido 15% el cemento por ceniza de cola de caballo*. Recuperado de:

[http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/7978/Tesis\\_58753.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/7978/Tesis_58753.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

YURA, (2014). *Agregados para la elaboración del concreto*. Recuperado de:

<https://www.yura.com.pe/blog/agregados-para-la-elaboracion-de-concreto/>

## **ANEXOS**



**ANEXO N° 01**

**ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO GRUESO**

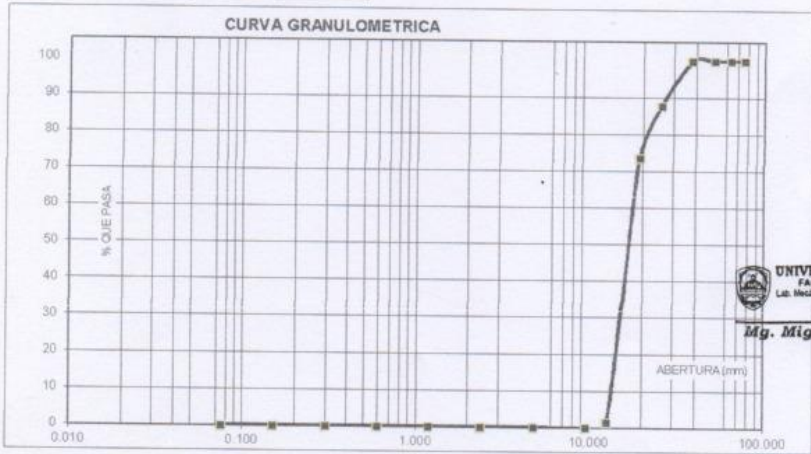
**ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO GRUESO**  
(ASTM C 136-06)

SOLICITA : BACH. LUDERA ACOSTA MARCO ANDRE  
 TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO DE F' C=210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO  
 POR EL 5% Y 10% CENIZA DE COLA DE CABALLO  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
 FECHA : 22/05/2020


TAMIZ	Peso retenido (gr.)	% ret. Parcial (%)	% ret. Acumu (%)	% Que pasa (gr.)
Nº 3"	76.200	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	83.500	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	57.0	12.2	87.8
3/4"	19.100	66.2	14.2	73.6
1/2"	12.500	337.0	72.3	96.7
3/8"	9.520	6.2	1.3	100.0
Nº 4	4.750	0.0	0.0	100.0
Nº 8	2.380	0.0	0.0	100.0
Nº 16	1.180	0.0	0.0	100.0
Nº 30	0.800	0.0	0.0	100.0
Nº 50	0.300	0.0	0.0	100.0
Nº 100	0.150	0.0	0.0	100.0
Nº 200	0.075	0.0	0.0	100.0
PLATO ASTM C-117-04	0	0.0	100.0	0.0
<b>TOTAL</b>	<b>466.4</b>	<b>100.0</b>		

PROPIEDADES FISICAS	
Tamaño Máximo Nominal	3/4"
Huso	Nº 5 Ref. (ASTM C-33)

OBSERVACIONES  
 La Muestra tomada identificada por el solicitante.



  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
 JEFE


**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Lab. Mecánica de Suelos y Geotecnia de Materiales

Finos Limo y Arcilla	Arena			Grava	
	Fina	Media	Gruesa	Fina	Gruesa

**ANEXO N°02**

**ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO**

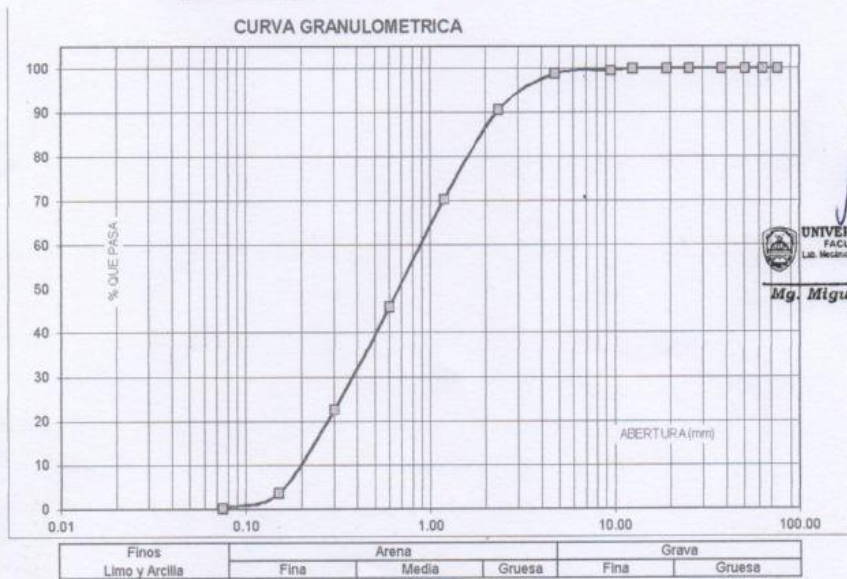
**ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO FINO**  
(ASTM C 136-06)

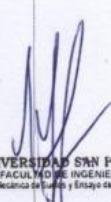
SOLICITA : BACHLUDEÑA ACOSTA MARCO ANDRE  
 TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO DE F' C=210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO  
 POR EL 5% Y 10% CENIZA DE COLA DE CABALLO  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : ARENA GRUESA  
 FECHA : 22/05/2020

TAMIZ	Aberf.(mm)	Peso retenido (gr.)	% ret. Parcial (%)	% ret. Acumu. (%)	% Que pasa (gr.)
Nº					
3"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.52	4.0	0.4	0.4	99.6
Nº 4	4.76	7.0	0.8	1.2	98.8
Nº 8	2.36	74.0	8.1	9.3	90.7
Nº 16	1.18	184.0	20.2	29.6	70.4
Nº 30	0.60	222.0	24.4	54.0	46.0
Nº 50	0.30	212.0	23.3	77.3	22.7
Nº 100	0.15	173.0	19.0	96.3	3.7
Nº 200	0.08	31.0	3.4	99.7	0.3
PLATO	ASTM C-117-04	3	0.3	100.0	0.0
<b>TOTAL</b>		<b>910.0</b>	<b>100.0</b>		

PROPIEDADES FISICAS	
Módulo de Fineza	2.68

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.



  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
 JEFE

**ANEXO N°03**

**PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO**

**PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO**


SOLICITA : BACH LUDEÑA ACOSTA MARCO ANDRE  
 TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO DE F' C=210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO  
 POR EL 5% Y 10% CENIZA DE COLA DE CABALLO  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : ARENA GRUESA  
 FECHA : 22/05/2020


**PESO UNITARIO SUELTO**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7750	7750	7750
Peso de molde	3300	3300	3300
Peso de muestra	4450	4450	4450
Volumen de molde	2750	2750	2750
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1618	1618	1618
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m<sup>3</sup> )</b>	1618		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1611		

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8350	8350	8300
Peso de molde	3300	3300	3300
Peso de muestra	5050	5050	5000
Volumen de molde	2750	2750	2750
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1836	1836	1818
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m<sup>3</sup> )</b>	1830		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1822		


**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Las especialidades de Construcción y Limpio de Alcantarales

  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
 JEFE

**ANEXO N° 04:**  
**PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO**

**PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO**



SOLICITA : BACHLUDEÑA ACOSTA MARCO ANDRE  
 TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO DE F'c=210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO  
 POR EL 5% Y 10% CENIZA DE COLA DE CABALLO  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
 FECHA : 22/05/2020

**PESO UNITARIO SUELTO**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	18050	18050	18000
Peso de molde	5050	5050	5050
Peso de muestra	13000	13000	12950
Volumen de molde	9300	9300	9300
Peso unitario ( Kg/m3 )	1398	1398	1392
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m3 )</b>		1396	
<b>CORREGIDO POR HUMEDAD</b>		1388	

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	19100	19000	19250
Peso de molde	5050	5050	5050
Peso de muestra	14050	13950	14200
Volumen de molde	9300	9300	9300
Peso unitario ( Kg/m3 )	1511	1500	1627
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m3 )</b>		1513	
<b>CORREGIDO POR HUMEDAD</b>		1504	

  

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
 JEFE



**ANEXO N°05**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCION AGREGADO GRUESO**

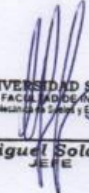
**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO GRUESO**  
(Según norma ASTM C-127)

SOLICITA : BACHLUDEÑA ACOSTA MARCO ANDRE  
 TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO DE F'c=210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO  
 POR EL 5% Y 10% CENIZA DE COLA DE CABALLO  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
 FECHA : 22/05/2020

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	1444.50	1390.90
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	939.90	905.40
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A-B)	504.60	485.50
D	Peso de material seco en estufa	1435.40	1381.90
E	Volumen de masa (C-(A-D))	495.50	476.50
G	P.e. Bulk (Base Seca) D/C	2.845	2.846
H	P.e. Bulk (Base Saturada) A/C	2.863	2.865
I	P.e. Aparente (Base Seca) D/E	2.897	2.900
F	Absorción (%) ((D-A)/A)x100	0.63	0.65

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.845  
 P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.864  
 P.e. Aparente (Base Seca) : 2.898  
 Absorción (%) : 0.64


**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Lic. Mecánica de Trazado y Ensayo de Materiales

  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
 JEFE

**ANEXO N°06**


**GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCION AGREGADO FINO**

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

SOLICITA : BACH:LUDEÑA ACOSTA MARCO ANDRE  
 TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO DE F'c=210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO  
 POR EL 5% Y 10% CENIZA DE COLA DE CABALLO  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : ARENA GRUESA  
 FECHA : 22/05/2020

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	gr.	300.00	300.00
B	Peso de picnometro + agua	gr.	665.00	665.00
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A+B)	cm <sup>3</sup>	965.00	965.00
D	Peso de picnometro + agua + material	gr.	858.00	858.00
E	Volumen de masa + volumen de vacios (C-D)	cm <sup>3</sup>	107.00	107.00
F	Peso de material seco en estufa	gr.	297.00	297.00
G	Volumen de masa (E-(A-F))		104.00	104.00
H	P.e. Bulk (Base Seca)	F/E	2.776	2.776
I	P.e. Bulk (Base Saturada)	A/E	2.804	2.804
J	P.e. Aparente (Base Seca)	F/E	2.856	2.856
K	Absorción (%) ((D-A)/A)x100		1.01	1.01

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.776  
 P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.804  
 P.e. Aparente (Base Seca) : 2.856  
 Absorción (%) : 1.01


**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 L.I. Miguel Ángel Sotillo de Sotillo  
*Mg. Miguel Solar Jara*  
 JEFE

**ANEXO N°07**

**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO**

**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO**  
(ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH:LUDEÑA ACOSTA MARCO ANDRE  
 TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO DE F'C=210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO  
 POR EL 5% Y 10% GENIZA DE COLA DE CABALLO  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 CANTERA : RIJEN  
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
 FECHA : 22/05/2020

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1110	1025.6
TARA + SUELO SECO (gr)	1103.9	1020.1
PESO DEL AGUA (gr)	6.1	5.5
PESO DE LA TARA (gr)	0	0
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1103.9	1020.1
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.55	0.54
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.55	

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 L.L. Ingeniería de Materiales y Ensayo de Materiales  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
 I.P.E.



**ANEXO N°08**

**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO**

**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO**  
( ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH-LUDEÑA ACOSTA MARCO ANDRE  
 TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO DE F'C=210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO  
 POR EL 5% Y 10% CENIZA DE COLA DE CABALLO  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : ARENA GRUESA  
 FECHA : 22/05/2020

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	901.4	901.4
TARA + SUELO SECO (gr)	898.2	898.4
PESO DEL AGUA (gr)	3.2	3.0
PESO DE LA TARA (gr)	201.4	201.4
PESO DEL SUELO SECO (gr)	696.8	697
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.46	0.43
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.44	

  

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Las Mecánicas y Materiales / Ensayo de Materiales  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
 ES



**ANEXO N°09**  
**DISEÑO DE MEZCLA PATRON**

## DISEÑO DE MEZCLA

SOLICITA : BACH. LUDEÑA ACOSTA MARCO ANDRE  
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO DE F'c=210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO  
POR EL 5% Y 10% CENIZA DE COLA DE CABALLO  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
FECHA : 22/05/2020

### ESPECIFICACIONES

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

### MATERIALES

#### A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso específico ..... 3.10

#### B.- Agua :

- Potable, de la zona.

#### C.- Agregado Fino :

**CANTERA : RUBEN**

- Peso específico de masa 2.78
- Peso unitario suelto 1611 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1822 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.44 %
- Absorción 1.01 %
- Módulo de fineza 2.68

#### D.- Agregado grueso

**CANTERA : RUBEN**

- Piedra, perfil angular 3/4"
- Tamaño Máximo Nominal 2.85
- Peso específico de masa 1388 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario suelto 1504 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.55 %
- Absorción 0.64 %

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
*Mg. Miguel Solar Jara*  
INGENIERO

#### SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

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

#### VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

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

#### RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

#### FACTOR DE CEMENTO

F.C. :  $205 / 0.684 = 299.71 \text{ kg/m}^3 = 7.05 \text{ bolsas / m}^3$

#### VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS

Cemento.....	299.708 kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	211.217 lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	937.342 kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	978.755 kg/m <sup>3</sup>

#### PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{299.71}{299.71} : \frac{937.342}{299.71} : \frac{978.76}{299.71}$$

1 : 3.13 : 3.27 : 29.95 lts / bolsa

#### PROPORCIONES EN VOLUMEN

1 : 2.90 : 3.51 : 29.95 lts / bolsa

 UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Luz Mesa, La Unión, Estado de Matanzas  
*Mg. Miguel Solar Jara*  
JUE

**ANEXO N°10**

**DISEÑO DE MEZCLA EXPERIMENTAL 5%**

**DISEÑO DE MEZCLA**  
( 5% SUSTITUCION DEL CEMENTO)

SOLICITA : BACH.LUDEÑA ACOSTA MARCO ANDRE  
 TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO DE F'c=210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO  
 POR EL 5% Y 10% CENIZA DE COLA DE CABALLO  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 FECHA : 22/05/2020

**ESPECIFICACIONES**

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

**MATERIALES**

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso especifico ..... 3.10

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

**CANtera : RUBEN**

- Peso especifico de masa 2.78
- Peso unitario suelto 1611 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1822 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.44 %
- Absorción 1.01 %
- Módulo de fineza 2.68

D.- Agregado grueso

**CANtera : RUBEN**

- Piedra, perfil angular 3/4"
- Tamaño Máximo Nominal 2.85
- Peso especifico de masa 1388 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario suelto 1504 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.55 %
- Absorción 0.64 %


**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 L.I. Mecánica de Fluidos y Ensayo de Materiales  
  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
 I. E. E.

### SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

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

### VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

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

### RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

### VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m <sup>3</sup> )	0.092
5% Ceniza de cola de caballo.....	(m <sup>3</sup> )	0.005
Agua efectiva.....	(m <sup>3</sup> )	0.205
Agregado fino.....	(m <sup>3</sup> )	0.336
Agregado grueso.....	(m <sup>3</sup> )	0.342
Aire.....	(m <sup>3</sup> )	0.020
		<u>1.000</u> m <sup>3</sup>

### PESOS SECOS

Cemento.....	284.72	kg/m <sup>3</sup>
5% Ceniza de cola de caballo.....	14.985	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	205.00	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	933.19	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	973.44	kg/m <sup>3</sup>

### PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	284.72	kg/m <sup>3</sup>
5% Ceniza de cola de caballo.....	14.985	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	211.22	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	937.34	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	978.76	kg/m <sup>3</sup>

### PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$\frac{284.72}{284.72} : \frac{14.985}{284.72} : \frac{937.34}{284.72} : \frac{978.76}{284.72}$$
$$1 : 0.05 : 3.29 : 3.44 \quad 32.31 \text{ lts}$$

  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Esc. Mecánica y Química y Escuela de Maestría  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
M.P.

**ANEXO N°11**

**DISEÑO DE MEZCLA EXPERIMENTAL 10%**

**DISEÑO DE MEZCLA**  
( 10% SUSTITUCION DEL CEMENTO)

SOLICITA : BACH:LUDEÑA ACOSTA MARCO ANDRE  
 TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO DE F'C=210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO  
 POR EL 5% Y 10% CENIZA DE COLA DE CABALLO  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 FECHA : 22/05/2020

**ESPECIFICACIONES**

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

**MATERIALES**

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso especifico ..... 3.10

B.- Agua :

- + Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

**CANTERA : RUBEN**

- Peso especifico de masa 2.78
- Peso unitario suelto 1611 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1822 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.44 %
- Absorción 1.01 %
- Módulo de fineza 2.68

D.- Agregado grueso

**CANTERA : RUBEN**

- Piedra, perfil angular 3/4"
- Tamaño Máximo Nominal
- Peso especifico de masa 2.85
- Peso unitario suelto 1388 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1504 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.55 %
- Absorción 0.64 %


**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Lab. Mecánica de Fluidos y Ensayo de Materiales  
**Mg. Miguel Solís Jara**  
 J.S.P.



### SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

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

### VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

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

### RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

### VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m <sup>3</sup> )	0.087
10% Ceniza de cola de caballo.....	(m <sup>3</sup> )	0.010
Agua efectiva.....	(m <sup>3</sup> )	0.205
Agregado fino.....	(m <sup>3</sup> )	0.336
Agregado grueso.....	(m <sup>3</sup> )	0.342
Aire.....	(m <sup>3</sup> )	0.020
		<u>1.000</u> m <sup>3</sup>

### PESOS SECOS

Cemento.....	269.74	kg/m <sup>3</sup>
10% Ceniza de cola de caballo.....	29.971	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	205.00	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	933.19	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	973.44	kg/m <sup>3</sup>

### PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	269.74	kg/m <sup>3</sup>
10% Ceniza de cola de caballo.....	29.971	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	211.22	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	937.34	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	978.76	kg/m <sup>3</sup>

  
Mg. Miguel Jara  
INGENIERIA  
SAN PEDRO  
C.A. de Ingeniería y Construcción

### PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$\frac{269.74}{269.74} : \frac{29.971}{269.74} : \frac{937.34}{269.74} : \frac{978.76}{269.74}$$
$$1 : 0.11 : 3.48 : 3.63 \quad 32.31 \text{ lts / bolsa}$$

**ANEXO N°12**

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION PATRON**

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA : BACH:LUDEÑA ACOSTA MARCO ANDRE  
 TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO DE F' C=210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO  
 POR EL 5% Y 10% CENIZA DE COLA DE CABALLO  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA : 22/05/2020

F' C : 210 Kg/cm2

N°	TESTIGO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg-Cm2	FC/FC (%)
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
01	PATRON	-	31/01/2020	07/02/2020	7	159.56	75.98
02	PATRON	-	31/01/2020	07/02/2020	7	159.43	75.92
03	PATRON	-	31/01/2020	07/02/2020	7	169.40	80.67
04	PATRON	-	31/01/2020	14/02/2020	14	182.36	86.84
05	PATRON	-	31/01/2020	14/02/2020	14	190.44	90.69
06	PATRON	-	31/01/2020	14/02/2020	14	181.71	86.53
07	PATRON	-	31/01/2020	28/02/2020	28	215.59	102.66
08	PATRON	-	31/01/2020	28/02/2020	28	219.61	104.58
09	PATRON	-	31/01/2020	28/02/2020	28	210.74	100.35

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

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


**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Las Mecánicas y Ensayo de Materiales  
 Mg. Miguel Solar Jara  
 JEFE

**ANEXO N°13**

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION- EXPERIMENTAL 5 %**

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL 5%

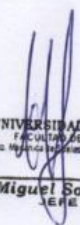

SOLICITA : BACH.LUDEÑA ACOSTA MARCO ANDRE  
 TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO DE F' C=210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO  
 POR EL 5% Y 10% CENIZA DE COLA DE CABALLO  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA : 22/05/2020

F' C : 210 Kg/cm2

N°	TESTIGO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/Cm2	FC/FC (%)
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
01	EXPERIMENTAL	-	11/02/2020	18/02/2020	7	149.45	71.16
02	EXPERIMENTAL	-	11/02/2020	18/02/2020	7	154.94	73.78
03	EXPERIMENTAL	-	11/02/2020	18/02/2020	7	152.93	72.82
04	EXPERIMENTAL	-	11/02/2020	25/02/2020	14	178.68	85.09
05	EXPERIMENTAL	-	11/02/2020	25/02/2020	14	178.83	85.16
06	EXPERIMENTAL	-	11/02/2020	25/02/2020	14	192.16	91.51
07	EXPERIMENTAL	-	11/02/2020	10/03/2020	28	210.08	100.04
08	EXPERIMENTAL	-	11/02/2020	10/03/2020	28	209.74	99.88
09	EXPERIMENTAL	-	11/02/2020	10/03/2020	28	212.78	101.32

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

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

  

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO DE CALLO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 L.I. Miguel Solar Jara Encargo de Historias

**Mg. Miguel Solar Jara**  
JEFE

**ANEXO N°14**

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION- EXPERIMENTAL 10 %**

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL 10%**

SOLICITA : BACH.LUDEÑA ACOSTA MARCO ANDRE  
 TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO DE F'c=210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO  
 POR EL 5% Y 10% CENIZA DE COLA DE CABALLO  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA : 22/05/2020

F'c : 210 Kg/cm2

N°	TESTIGO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	FC	FC/F'c
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA		Kg/Cm2	(%)
01	EXPERIMENTAL	-	13/02/2020	20/02/2020	7	145.71	69.38
02	EXPERIMENTAL	-	13/02/2020	20/02/2020	7	145.60	69.33
03	EXPERIMENTAL	-	13/02/2020	20/02/2020	7	144.46	68.79
04	EXPERIMENTAL	-	13/02/2020	27/02/2020	14	171.86	81.84
05	EXPERIMENTAL	-	13/02/2020	27/02/2020	14	169.18	80.56
06	EXPERIMENTAL	-	13/02/2020	27/02/2020	14	172.49	82.14
07	EXPERIMENTAL	-	13/02/2020	12/03/2020	28	200.87	95.65
08	EXPERIMENTAL	-	13/02/2020	12/03/2020	28	207.33	98.73
09	EXPERIMENTAL	-	13/02/2020	12/03/2020	28	192.98	91.90

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

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

  
**Mg. Miguel Sotár Jara**  
 J.P.E.

**ANEXO N°15**

**ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL**





Trujillo, 03 de febrero del 2020

INFORME N.º 22 - FEB 20

Solicitante: Ludeña Acosta Marco André - Universidad San Pedro

RUC/DNI: -----

Supervisor: .....

1. MUESTRA: Cola de caballo (1 gr)

Nº de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CC-22F	14 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 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 14 mg.

Jefe de Laboratorio: Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable: Ing. Danny Chávez Novoa

Tel.: 44-203510/949790880 [danchavez@hotmail.com](mailto:danchavez@hotmail.com) / Av. Juan Pablo II s/n - Ciudad Universitaria / Trujillo - Perú



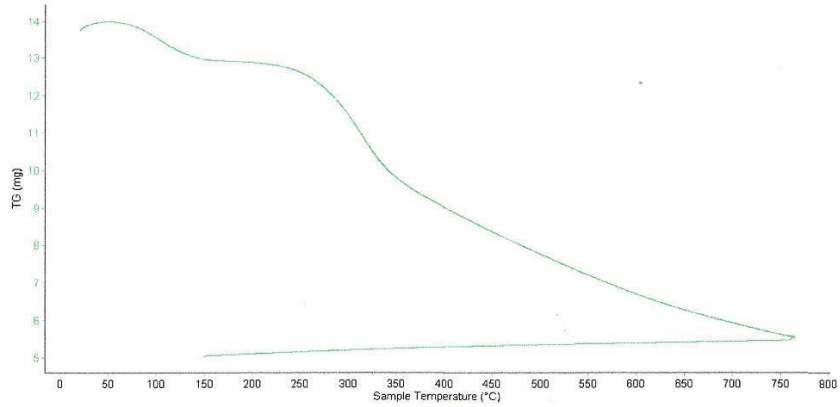


Trujillo, 3 de febrero del 2020

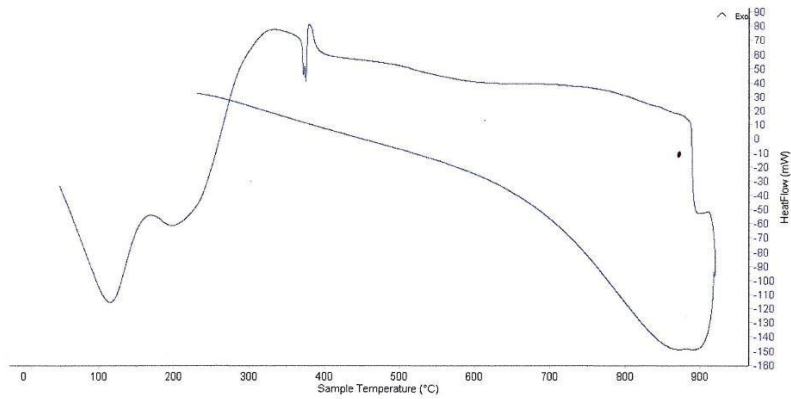
INFORME N.º 22 - FEB 20

4. Resultados:

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



II- Curva Calorimétrica ATD



Tel.: 44-203510/949790880 [damchavez@hotmail.com](mailto:damchavez@hotmail.com) / Av. Juan Pablo II s/n - Ciudad Universitaria / Trujillo





Trujillo, 3 de febrero del 2020

INFORME N.º 22 - FEB 20

#### 5. CONCLUSION:

1. El análisis Termo gravimétrico muestra importantes caídas de masa como consecuencia de la elevación de la temperatura, la primera se debe a humedad entre 80 y 120°C y la segunda se debe a su descomposición en torno a 220°C que da inicio a ello. El material llega a perder un aproximado de 64% cuando se alcanza la máxima temperatura de ensayo.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se muestra unas ligeras bandas endotérmicas en torno a 100°C y en torno a 220 °C, posteriormente se muestra un ligero pico de absorción de calor a 380°C con gran probabilidad de ocurrir cambios estructurales y en las propiedades del material.

Trujillo, 03 de febrero del 2020



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

**ANEXO N°16**


**CALCINACION DE LA COLA DE CABALLO**




CALCINACION DE MATERIAL	
PROYECTO:	RESISTENCIA DEL CONCRETO DE F'c=210 Kg/cm <sup>2</sup> SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR EL 5% Y 10% CENIZA DE COLA DE CABALLO
SOLICITANTE:	LUDEÑA ACOSTA MARCO
FECHA DE RECEPCION	03/02/2020
FECHA DE ENSAYO	05/02/2020
MATERIAL:	CENIZAS DE COLA DE CABALLO

**RESULTADOS**

TEMPERATURA DE CALCINACION	380 °C
TIEMPO A TEMPERATURA CONSTANTE MAXIMA	2 Horas
PESO INICIAL	5.327 Kg
PESO FINAL	4.496 Kg
PERDIDA(%)	15.6 %

  
Jorge Alejandro Barranjes Vitanue  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384



**ANEXO N°17**

**ANALISIS DE PH DE:**

**MUESTAR DE CENIZA DE COLA DE CABALLO,**

**MEZCLA DE CEMENTO TIPO I Y 5 % DE CENIZA DE COLA DE CABALLO**

**MEZCLA DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y 10% DE CENIZA DE COLA DE  
CABALLO**



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS  
CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

**“COLECBI” S.A.C.**

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

**INFORME DE ENSAYO N° 20200218-008**

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : LUDEÑA ACOSTA MARCO ANDRE.  
DIRECCIÓN : Jr. Sáenz Peña 895 Mz A Lote 10 Chimbote.  
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE : NO APLICA  
PRODUCTO DECLARADO : ABAJO INDICADO  
LUGAR DE MUESTREO : NO APLICA  
MÉTODO DE MUESTREO : NO APLICA  
PLAN DE MUESTREO : NO APLICA  
CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO : NO APLICA  
FECHA DE MUESTREO : NO APLICA  
CANTIDAD DE MUESTRA : 03 muestras  
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En bolsa de polietileno, cerrada.  
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2020-02-18  
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2020-02-18  
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2020-02-18  
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS : Laboratorio Físico Químico.  
CÓDIGO COLECBI : SS 200218-5

**RESULTADOS**

MUESTRAS	ENSAYO
	pH
CENIZA DE COLA DE CABALLO	10,68
SUSTITUCION DEL CEMENTO POR 5% DE CENIZA DE COLA DE CABALLO	13,95
SUSTITUCION DEL CEMENTO POR 10% DE CENIZA DE COLA DE CABALLO	13,75

**METODOLOGIA EMPLEADA**

pH : Potenciométrico.

**NOTA:**

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras:  
Proporcionadas por el Solicitante (X) Muestras por COLECBI S.A.C. ( )
  - Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s.
  - Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
  - No afecto al proceso de Dirimencia por su perecibilidad y/o muestra única.
  - El informe incluye diagrama, croquis o fotografías: SI ( ) NO (X)
  - Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negrita y cursiva.
- Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Febrero 19 del 2020.  
GVR/jms

LC-MP-HRIE  
Rev. 06  
Fecha 2019-07-01

A. Gustavo Vargas Ramos  
Gerente de Laboratorios  
C.B.P. 325  
COLECBI S.A.C.

EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN  
DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

FIN DEL INFORME

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

**COLECBI S.A.C.**

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752  
Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127  
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente\_colecbi@speedy.com.pe  
Web: www.colecbi.com

**ANEXO N°18**

**ANALISIS DE COMPOSICION QUIMICA DE LA 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° 017 - LAQ/2020**

**Análisis de ceniza de cola de caballo por FRXDE**

**Introducción.**

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) de esta muestra de ceniza de cola de caballo a pedido del Sr. **Ludeña Acosta, Marco Andre**, alumno de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

**"Resistencia del Concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  Sustituyendo al Cemento, por el 5% y 10% Ceniza de Cola de Caballo."**

La muestra fue previamente calcinada a  $380^\circ\text{C}$  durante dos horas y está en la forma de grano fino de color negro.

**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  $15 \mu\text{A}$ . Para acumular el espectro se utilizó 2048 canales de memoria donde se registraron un millón de cuentas. Los espectros se acumularon con ángulos de incidencia y salida de alrededor de  $45^\circ$ ; con distancia de muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 1.8 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 1570 cts/s.

Esta técnica de FRXDE 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

---

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 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. En general, cada pico identifica un elemento químico, comenzando por la izquierda con el pico de Al, seguido del pico de Si y así sucesivamente a medida que aumentan el número atómico del elemento y la energía del rayo-X característico.

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 forman en un



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

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

proceso de calcificación. La concentración total de estos óxidos resulta ser algo mayor que 100%. Esto indica que puede contener compuestos diferentes de óxidos y/o existe una deficiencia en la calibración del instrumento. Para mayores detalles sobre la composición mineral de la muestra se recomienda utilizar el análisis por difracción de rayos-X.

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

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.338	11.363
SiO <sub>2</sub>	64.644	55.071
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4.595	3.915
SO <sub>2</sub>	7.806	6.650
ClO <sub>2</sub>	4.973	4.236
K <sub>2</sub> O	8.567	7.298
CaO	11.565	9.852
TiO <sub>2</sub>	0.028	0.024
MnO	0.019	0.017
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.694	0.591
CuO	0.588	0.501
ZnO	0.378	0.322
SrO	0.24	0.020
SeO <sub>2</sub>	0.063	0.054
BaO	0.101	0.086
Total	117.384	100.00



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS  
Laboratorio de Arqueometría

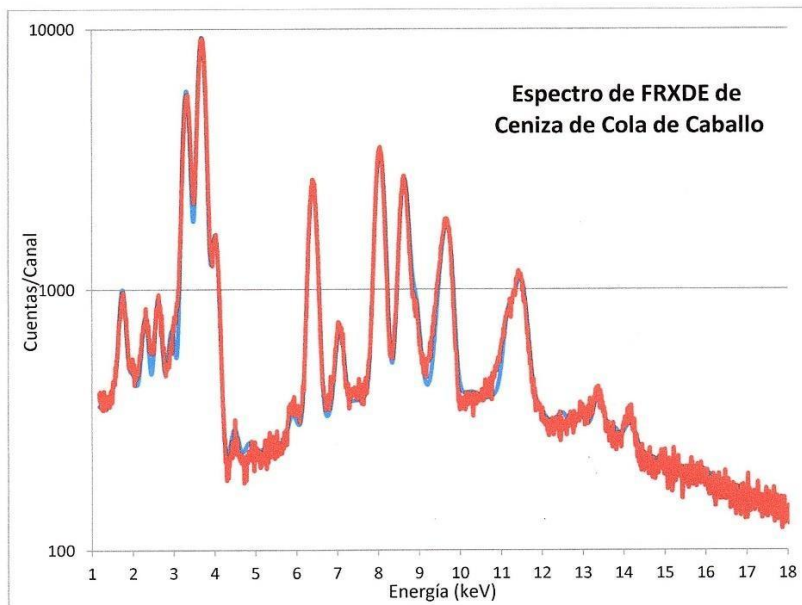


Figura 1. Espectro de FRXDE de ceniza de cola de caballo en escala semi-logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos  
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 26 de Febrero del 2020

**ANEXO N°19**  
**VALIDEZ ESTADISTICA**

**Tabla 24**

Resistencias a la compresión de probetas de concreto con sustitución de cemento por 5% y 10% de cenizas de cola de caballo según días de curado

Días de curado	Resistencia de concreto con cenizas de cola de caballo		
	Patrón	5%	10%
7	162,80	152,44	145,26
14	184,84	183,22	171,18
28	215,31	210,87	200,40

**Fuente:** Resultados de los ensayos del laboratorio, USP

En la tabla 24 se puede apreciar que las resistencias a la compresión de las probetas de concreto son mayores a los 28 días de curado y menores resistencias de presenta a los 7 días de curado.

Después de verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad con Shapiro – Wilk (con un  $p > 0.05$  para cada tratamiento) y homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene ( $p = 0.993$  y  $p > 0.05$ ) de las resistencias medias obtenidas en las probetas de concreto en cada tratamiento (sustitución de cemento por 5% y 10% de cenizas de cola de caballo) se procedió a realizar la prueba ANOVA

**Tabla 25**

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

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Ceniza	364,138	2	182,069	36,448	,003
Días de curado	4601,203	2	2300,602	460,558	,000
Error	19,981	4	4,995		
Total	4985,323	8			

**Fuente:** Resultados de los ensayos del laboratorio, USP.

En la tabla 25 se puede visualizar que para la sustitución de cemento por un porcentaje de cenizas de cola de caballo (en 0%, 5% y 10%) el  $p$ -value  $\leq$  ( $p = 0.003$ ,  $p < 0.05$ ) entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ : resistencias medias iguales). Por lo que podemos concluir que con nivel de 5% de significancia

las resistencias medias en kg/cm<sup>2</sup> logradas en las probetas de concreto, con sustitución de cemento por cenizas de cola de caballo 0%, 5% y 10%, son diferentes. Es decir, existe una diferencia significativa entre las resistencias medias de las probetas de concreto.

También se tienen que para los días de curado  $p\text{-value} < \alpha$  ( $p=0.000$ ,  $p<0.05$ ) entonces podemos decir que las resistencias medias de las probetas de concreto son diferentes a consecuencia de los días de curado (existe un efecto significativo de los días de curado en las resistencias medias).

**Tabla 26**

Cálculo de la prueba de Duncan para verificar cuál de las resistencias a la compresión es diferente.

Sustitución de cemento	Subconjunto para alfa = 0,05		
	1	2	3
10%	172,2800		
5%		182,1767	
0% (patrón)			187,6500

**Fuente:** Laboratorio de mecánica de suelos y ensayo de materiales

0% (patrón)	187,6500..... a
5%	182,1767..... b
10%	172,2800..... c

En la tabla 26 después de realizar la prueba de Duncan podemos apreciar que la mayor resistencia a la compresión (187,6500) se registra en las probetas patrón, seguido de las probetas que se sustituyó con 5% de cenizas de cola de caballo (182,1767) y finalmente las probetas que registran menor resistencia son las que se sustituyó el 10% del cemento con cenizas de caballo (172,2800).

**ANEXO N°120**  
**PANEL FOTOGRÁFICO**





FIGURA N°15: UBICACIÓN GEOGRAFÍA DE LA MATERIA PRIMA EXTRAIDA.



FIGURA N°16: RECOLECCION DE COLA DE CABALLO HUACA CHOLOQUE EN BOLSAS DE PLAS-  
TICO



FIGURA N° 17: MUESTRA, MOLIDA Y TAMIZADA POR LA MALLA N° 200 PARA REALIZAR EL ENSAYO ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL.



FIGURA N° 18: GRANULOMETRÍA DE MIS AGREGADO FINO



FIGURA N° 19: CONTENIDO DE HUMEDAD.



FIGURA N° 20: PESO UNITARIO AGREGADO FINO



FIGURA N° 21: GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN



FIGURA N° 22: LA PIEDRA ES LLEVADA AL HORNO PARA SU SECADO.



FIGURA N° 23: PESO UNITARIO DE AGREGADO GRUESO.



FIGURA N° 24: HACEMOS LA LIMPIEZA Y ARMADO PARA EL VACIADO DE LA MEZCLA.



FIGURA N° 25: PESAMOS LOS MATERIALES PARA NUESTRA MEZCLA PATRÓN.



FIGURA N° 26: SLUMP DE 3"



FIGURA N° 27: ELABORACIÓN DEL CONCRETO PATRÓN  $f'c=210 \text{ KG/CM}^2$



FIGURA N° 28: PESO DE LAS MUESTRAS PATRÓN.



FIGURA N° 29: ENSAYO DE COMPRESION DEL DISEÑO PATRON.



FIGURA N° 30: PESO ESPECÍFICO DE LA COLA DE CABALLO





FIGURA N° 31: ELABORACIÓN DEL CONCRETO EXPERIMENTAL 5% F'C= 210 KG/CM2



FIGURA N° 32: ELABORACIÓN DEL CONCRETO EXPERIMENTAL 10% F'C= 210 KG/CM2



FIGURA N° 33: ENSAYO A LA COMPRESION DE DISEÑO EXPERIMENTAL



FIGURA N° 34: ENSAYO A LA COMPRESION DE DISEÑO EXPERIMENTAL.