

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL



Resistencia de un concreto $f'c=210$ kg/cm² con sustitución de cemento en 4%, 6% y 8% por ceniza del rastrojo de maíz

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor

Valverde Solis Erick Anthony

Asesor

Castañeda Gamboa Rogelio

Chimbote-Perú

2020

PALABRAS CLAVES:

TEMA	RESISTENCIA DEL CONCRETO
ESPECIALIDAD	TECNOLOGIA DEL CONCRETO

KEY WORDS:

TOPIC	CONCRETE STRENGTH
SPECIALITY	CONCRETE TECHNOLOGY

LINEA DE INVESTIGACION (OCDE):

LINEA DE INVESTIGACION	Construcción y Gestión de la Construcción
Sub Línea	Materiales de construcción
Disciplina	Ingeniería de la construcción
Sub Área	Ingeniería Civil
Área	Ingeniería, Tecnología

Resistencia de un concreto $f'c=210$ kg/cm² con sustitución de cemento en 4%, 6% y 8% por ceniza del rastrojo de maíz.

RESUMEN

En el presente proyecto de investigación se determinó y comparó los efectos que tuvo la resistencia a la compresión de un concreto patrón $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ con otros concretos experimentales con sustitución del cemento en un 4%, 6% y 8% por las cenizas del rastrojo de maíz.

Para lo cual primero se obtuvo la composición química de nuestro material de sustitución cenizas del rastrojo de maíz, para el cual se realizó el ensayo de fluorescencia de rayos X, obteniendo los principales óxidos que se debe tener en un material cementante, la suma de los principales óxidos ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO}$) nos dio un total de 48.74 %.

Se elaboró 36 probetas (9 para patrón, 9 con sustitución del 4%, 9 con sustitución del 6% y 9 con sustitución del 8% con cenizas del rastrojo de maíz). Las probetas fueron ensayadas a las edades de 7, 14 y 28 días, que nos dio como resultado una resistencia promedio a la compresión de 147.83 kg/cm^2 , 187.87 kg/cm^2 y 215.62 kg/cm^2 , en comparación a las probetas experimentales; sustituyendo el 4% nos dio como resultado una resistencia promedio de 189.69 kg/cm^2 , 194.03 kg/cm^2 y 237.83 kg/cm^2 , sustituyendo el 6% nos dio como resultado una resistencia promedio de 154.41 kg/cm^2 , 182.09 kg/cm^2 y 219.93 kg/cm^2 , sustituyendo el 8% nos dio como resultado una resistencia promedio de 141.48 kg/cm^2 , 164.17 kg/cm^2 y 192.00 kg/cm^2 .

ABSTRACT

In the present research project, the effects of the compressive strength of a standard concrete $f'c = 210\text{kg} / \text{cm}^2$ were determined and compared with other experimental concrete with cement replacement at 4%, 6% and 8% by Ashes from the corn stubble.

For which the chemical composition of our substitution material ashes from corn stubble was first obtained, for which the X-ray fluorescence test was performed, obtaining the main oxides that must be had in a cementitious material, the sum of the Main oxides ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO}$) gave us a total of 48.74%.

36 specimens were made (9 for standard, 9 with 4% substitution, 9 with 6% substitution and 9 with 8% substitution with corn stubble ashes). The specimens were tested at the ages of 7, 14 and 28 days, which resulted in an average compressive strength of $147.83\text{ kg} / \text{cm}^2$, $187.87\text{ kg} / \text{cm}^2$ and $215.62\text{ kg} / \text{cm}^2$, compared to experimental specimens; replacing 4% resulted in an average resistance of $189.69\text{ kg} / \text{cm}^2$, $194.03\text{ kg} / \text{cm}^2$ and $237.83\text{ kg} / \text{cm}^2$, replacing 6% resulted in an average resistance of $154.41\text{ kg} / \text{cm}^2$, $182.09\text{ kg} / \text{cm}^2$ and $219.93\text{ kg} / \text{cm}^2$, replacing 8% resulted in an average resistance of $141.48\text{ kg} / \text{cm}^2$, $164.17\text{ kg} / \text{cm}^2$ and $192.00\text{ kg} / \text{cm}^2$.

INDICE

Palabras clave.....	i
Título	ii
Resumen	iii
Abstract.....	iv
Indice	v
I) INTRODUCCION.....	1
Antecedentes y Fundamentación científica	1
Justificación de la Investigación	31
Planteamiento del Problema	32
Hipótesis	34
Objetivos	34
II) METODOLOGIA	35
III) RESULTADOS.....	57
IV) ANALISIS Y DISCUSION.....	74
V) CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
VI) AGRADECIMIENTO.....	82
VII) REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	83
VIII) APENDICES Y ANEXOS.....	86

ÍNDICE DE TABLAS

TABLAS.....	
Tabla N°01: Componente del cemento	06
Tabla N°02: Requisitos para agua de mezcla NTP. 339.08	12
Tabla N°03: Propiedades de las cenizas de la hoja de maíz.....	14
Tabla N°04: Componentes del concreto por probeta patrón.....	57
Tabla N°05: Características de probetas patrón.....	57
Tabla N°06: Resultados de probetas patrón.....	58
Tabla N°07: Componentes del concreto por probeta experimental (Sustitución 4%).....	60
Tabla N°08: Características de probetas experimentales (Sustitución 4%).....	60
Tabla N°09 Resultados de probetas experimentales (Sustitución 4%).....	61
Tabla N°10: Componentes del concreto por probeta experimental (Sustitución 6%).....	63
Tabla N°11: Características de probetas experimentales (Sustitución 6%).....	63
Tabla N°12: Resultados de probetas experimentales (Sustitución 6%).....	64
Tabla N°13: Componentes del concreto por probeta experimental (Sustitución 8%).....	66
Tabla N°14: Características de probetas experimentales (Sustitución 8%).....	66
Tabla N°15: Resultados de probetas experimentales (Sustitución 8%).....	67

I. INTRODUCCIÓN

Antecedentes y Fundamentación científica.

Águila, I. & Sosa, M. (2008) (pg. 11). En su revista titulada “Evaluación físico químico de cenizas de cascarilla de arroz, bagazo de caña y hoja de maíz y su influencia en mezclas de mortero, como materiales puzolánicos” se concluyó que:

Siendo el porcentaje de sílice en la ceniza uno de los elementos principales para una puzolana de buena calidad se pudo apreciar que en este sentido la cascarilla de arroz es el material de mayor potencialidad. En este caso se logró una ceniza con poco más de 80 % de sílice en su composición, en tanto que la ceniza de hoja de maíz presentó cerca de un 48 % de sílice, que si bien no muy alto, es un valor aceptable. La ceniza de bagazo de caña resultó menos efectiva en este sentido con un poco más del 36 % de sílice en su composición.

Fernández, R (2009) (pg. 79). En su tesis titulada: “Evaluación de concretos puzolanicos elaborados con contenido ceniza de hoja de maíz para uso estructural” tuvo como conclusiones lo siguiente:

Se pudo verificar por medios de ensayos de laboratorio realizados en esta investigación que la ceniza de hoja de maíz puede ser utilizada como sustituto parcial del cemento Portland en mezclas de concreto con fines estructurales. Sin embargo es apropiado realizar una mayor cantidad de ensayos para dar certificación a su aplicación.

El porcentaje óptimo de sustitución de cemento por ceniza de hoja de maíz es de 10 %, debido a que con el mismo se obtuvo un incremento en la resistencia compresión de 1,10 % en función de la mezcla patrón.

Guerrero, M. (1984) (pg. 23), indica en su revista que, las cenizas volantes en el hormigón han sido estudiados en numerosas investigaciones, sea como reemplazo de parte del cemento portland, sea simplemente como adición en el hormigón en estudios, se ha comprobado que cuando se emplean las cenizas volantes en porcentaje de 10 a 30 % de reemplazo, el agua necesaria para mezclado por unidad de volumen del hormigón generalmente no aumenta y a veces puede ser reducida; que la resistencia en las primeras edades, hasta los 28 días disminuye, pero en edades posteriores puede ser igual o mayor que el hormigón normal.

Yepes, V. (2012) (pg. 81), en su tesis “Caracterización química y reactividad de la ceniza de caña común y planta de maíz, para su uso como adición puzolánica en morteros y hormigones” nos indica que, significa una reducción en la huella de carbono que conlleva el proceso de fabricación del cemento portland y, por tanto, del hormigón. En Valencia las cenizas generadas por la cascarilla del arroz, en muchos países latinoamericanos los residuos procedentes de la planta de maíz o los de la caña común procedentes de la limpieza de márgenes, cauces de río y acequias de riego, suponen ejemplos donde el aprovechamiento pueden ser una buena fuente de adiciones puzolánicas. Esto servirá de punto de partida para la utilización de la ceniza de maíz y de la caña común como sustitutos de una parte del cemento en morteros, si bien los resultados son prometedores, aún faltan futuras investigaciones que expliquen la influencia de la calidad del terreno y elaboración de más pruebas en dosificaciones.

El concreto, presenta un comportamiento viscoso, mientras que la otra, formada por los agregados, muestra un comportamiento casi elástico. Estando los agregados rodeados y separados entre ellos por la pasta de cemento. Resulta así, la definición de un material heterogéneo, cuya estructura particular posibilita un comportamiento inelástico; siendo las

deformaciones de la fase viscosa susceptible de ser modificadas por el tiempo y las condiciones de curado, creando tensiones internas considerables. Por otra parte a los problemas de diseño y construcción, característicos de las fábricas de piedra, de índole mecánica según las formas y las masas de los elementos, se unen en las construcciones de concreto multitud de otros factores, que deben ser conocidos y apreciados por el Ingeniero, que interviene directamente en su fabricación desde una primera instancia. Así pues, ha de estudiar el tipo y calidad de los áridos, los problemas de fraguado y endurecimiento del aglomerante, la dosificación del conjunto, su fabricación y puesta en obra, su comportamiento bajo la acción de las cargas y de los agentes destructivos (Gonzales. M, 1962).

Indica que, una nueva ciencia, de alta calidad experimental, tiende a solucionar éstas cuestiones. Ella es la Reología, que estudia e investiga la estructura física de las pastas, su deformación y relación con las propiedades requeridas en cada tipo de construcción. En el caso del concreto normal conocemos que al ser usado en pavimentos, tiene principalísima importancia la resistencia a la tracción, al rozamiento e intemperismo y la relación que guardan con el tipo de áridos, la compacidad, etc. Igualmente en el caso del concreto en grande! masas, es necesario tener en cuenta la retracción y dilatación debida a las temperaturas de fraguado y la influencia del tipo del cemento, el curado y forma de la puesta en obra.

En las obras portuarias de concreto, es preciso considerar la acción de sucesivos choques o impactos así como la acción destructora del agua de mar, incidiendo en la calidad y compacidad del agregado, la hidraulicidad de la pasta (Gonzales. M, 1962).

Indica que, en el caso del concreto armado acrecentar la resistencia a la tracción y mejorar la docilidad de las mezclas frescas son los problemas característicos que afrontan el Ingeniero. En general las altas

resistencias a la compresión (600 Kg/cm².) no son objeto de búsqueda en el concreto armado, pues la resistencia a la tracción no crece proporcionalmente con la de compresión. Por otra parte, el aumento consiguiente del módulo elástico trae consigo una reducción de la sección que colabora en la resistencia, al hacer abstracción de la zona solicitada a tracción.

La plasticidad produce fenómenos de adaptación que mejoran 13,9 condiciones de trabajo de los elementos. Que serían utilizados en forma incompleta en un régimen puramente elástico (Gonzales. M, 1962).

Concreto:

El concreto es un pseudo sólido, sujeto en el tiempo a fenómenos físicos-químicos localizados en la pasta de cemento, por la actividad del mismo, como por el equilibrio termodinámico con el ambiente. El concreto ha sido definido así como un sistema de dos fases, una de las cuales. la pasta del cemento (Gonzales, M. 1962).

Componentes

a) Cemento:

Define que, el cemento es un material pulverizado que además de óxido de calcio contiene: sílice, alúmina y óxido de hierro y que forma, por adición de una cantidad apropiada de agua, una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto en el agua como en el aire. Se excluyen las cales hidráulicas, cales aéreas y yesos.

Tabla N°01: Componentes del cemento

% DE ÓXIDOS (PESO)	RANGO
CaO	60 - 67
SiO ₃	17 - 25
Al ₂ O ₃	3 - 8

Fe ₂ O ₃	0.5 – 6.0
Na ₂ O + K ₂ O	0.2 – 1.3
MgO	0.1 – 4.0
Cal libre	0 – 2
SO ₃	1 – 3

a.1) Tipos de cemento portland

A medida que varían los contenidos de C₂S, C₃S, C₃A, CAF se modifican las propiedades del cemento Portland, por lo tanto se pueden fabricar diferentes tipos con el fin de satisfacer ciertas propiedades físicas y químicas para situaciones especiales (Rivera, L. 2010).

- Cemento portland tipo I:

Es el destinado a obras de hormigón en general, al que no se le exigen propiedades especiales.

- **Cemento portland tipo I-M:** Es el destinado a obras de hormigón en general, al que no se le exigen propiedades especiales pero tiene resistencias superiores a las del tipo I.
- **Cemento portland tipo II:** Es el destinado en general a obras de hormigón expuestas a la acción moderada de sulfatos y a obras donde se requiera moderado calor de hidratación.
- **Cemento portland tipo III:** Es el que desarrolla altas resistencias iniciales.
- **Cemento portland tipo IV:** Es el que desarrolla bajo calor de hidratación.

- **Cemento portland tipo V:** Es el que ofrece alta resistencia a la acción de los sulfatos.
- **Cemento portland con incorporadores de aire:** Son aquellos a los que se les adiciona un material incorporador de aire durante la pulverización; para identificarlos se les coloca una "A" así por ejemplo cemento Portland tipo I-A o tipo III-A, etc.
- **Cemento portland blanco:** Es el que se obtiene con materiales debidamente seleccionados que le confieren una coloración blanca; prácticamente cumple las especificaciones del cemento Portland tipo I (NTC 1362).

b) Agregados:

Campos, F.(2009) define, antiguamente se decía que los agregados eran elementos inertes dentro del concreto ya que no intervenían directamente dentro de las reacciones químicas, la tecnología moderna se establece que siendo este material el que mayor porcentaje de participación tendrá dentro de la unidad cúbica de concreto sus propiedades y características diversas influyen en todas las propiedades del concreto.

➤ Agregado Fino:

Un agregado fino con partículas de forma redondeada y textura suave ha demostrado que requiere menos agua de mezclado.

Una óptima granulometría del árido fino es determinante por su requerimiento de agua más que por el acomodamiento físico.

La experiencia indica que las arenas con un módulo de finura de 3.0 han dado los mejores resultados en cuanto a trabajabilidad y resistencia a la compresión

➤ Agregado Grueso:

Numerosos estudios han demostrado que para una resistencia a la compresión alta con un elevado contenido de cemento y baja relación agua-cemento el tamaño máximo de agregado debe mantenerse en el mínimo posible (12,7 a 9,5).

Las fuerzas de vínculo dependen de la forma y textura superficial del agregado grueso, de la reacción química entre los componentes de la pasta de cemento y los agregados.

Se ha demostrado que la grava triturada produce resistencias mayores que la redondeada.

Funciones en el concreto de los agregados:

- Como esqueleto o relleno adecuado para la pasta (cemento y agua), reduciendo el contenido de pasta en el metro cúbico.
- Proporciona una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas de desgaste o de intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto.
- Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado o de calentamiento de la pasta.

Los agregados de calidad deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia la pasta del cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables.

Los agregados que contengan cantidades apreciables de esquistos o de otras rocas esquistas, de materiales suaves y porosos, y ciertos tipos de horsteno deberán evitarse en especial, puesto que tiene baja

resistencia al intemperismo y pueden ser causa de defectos en la superficie tales como erupciones.

Granulometría de los agregados:

La granulometría es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado tal como se determina por análisis de tamices (norma ASTM C 136). El tamaño de partícula del agregado se determina por medio de tamices de malla de alambre aberturas cuadradas. Los siete tamices estándar ASTM C 33 para agregado fino tiene aberturas que varían desde la malla No. 100(150 micras) hasta 9.52 mm.

Los números de tamaño (tamaños de granulometría), para el agregado grueso se aplican a las cantidades de agregado (en peso), en porcentajes que pasan a través de un arreglo de mallas. Para la construcción de vías terrestres, la norma ASTM D 448 enlista los trece números de tamaño de la ASTM C 33, más otros seis números de tamaño para agregado grueso. La arena o agregado fino solamente tiene un rango de tamaños de partícula.

La granulometría y el tamaño máximo de agregado afectan las proporciones relativas de los agregados así como los requisitos de agua y cemento, la trabajabilidad, capacidad de bombeo, economía, porosidad, contracción

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Acumulados retenidos (1\frac{1}{2}" , \frac{3}{4}" , 3/8" , N^{\circ}4 , N^{\circ}8 , N^{\circ}16 , N^{\circ}30 , N^{\circ}50 \text{ y } N^{\circ}100)}{100}$$

Propiedades Físicas:

- Densidad

Depende de la gravedad específica de sus constituyentes sólidos como de la porosidad del material mismo. La densidad de los agregados es especialmente importante para los casos en que se busca diseñar concretos de bajo o alto peso unitario.

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

- Porosidad

La palabra porosidad viene de poro que significa espacio no ocupado por materia sólida en la partícula de agregado es una de las más importantes propiedades del agregado por su influencia en las otras propiedades de éste, puede influir en la estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencias mecánicas, propiedades elásticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad.

- Peso Unitario

Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas influye la forma de acomodo de estos. El procedimiento para su determinación se encuentra normalizado en ASTM C29 y NTP 400.017. Es un valor útil sobre todo para hacer las transformaciones de pesos a volúmenes y viceversa.

- Porcentaje de Vacíos

Es la medida de volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados, depende del acomodo de las partículas por lo que su valor es relativo como en el caso del peso

$$\% \text{ vacios} = \frac{(SxW - P.U.C.)}{SxW} \times 100$$

unitario. Se evalúa usando la siguiente expresión recomendada por ASTM C 29:

Donde:

S = Peso específico de masa

W = Densidad del agua

P.U.C. = Peso Unitario Compactado seco del agregado

c) Agua de mezcla:

Indica que, el agua de mezcla cumple dos funciones muy importantes, permitir la hidratación del cemento y hacer la mezcla manejable. De toda el agua que se emplea en la preparación de un mortero o un concreto, parte hidrata el cemento, el resto no presenta ninguna alteración y con el tiempo se evapora; como ocupaba un espacio dentro de la mezcla, al evaporarse deja vacíos los cuales disminuyen la resistencia y la durabilidad del mortero o del hormigón.

La cantidad de agua que requiere el cemento para su hidratación se encuentra alrededor del 25% al 30% de la masa del cemento, pero con esta cantidad la mezcla no es manejable, para que la mezcla empiece a dejarse trabajar, se requiere como mínimo una cantidad de agua del orden del 40% de la masa del cemento, por lo tanto, de acuerdo con lo anterior como una regla práctica, se debe colocar la menor cantidad de agua en la mezcla, pero teniendo en cuenta que el mortero o el hormigón queden trabajables (Rivera, L. 2010).

Tabla N°02: Requisitos para agua de mezcla-NTP 339.088

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

Maíz

Partes del maíz

- Raíz: La planta tiene dos tipos de raíz, las primarias son fibrosas, presentando además raíces adventicias, que nacen en los primeros nudos por encima de la superficie del suelo, ambas tienen la misión de mantener a la planta erecta, sin embargo, por su gran masa de raíces superficiales, es susceptible a la sequía, intolerancia a suelos deficientes en nutrientes, y a caídas de grandes vientos.
- Tallo: El tallo está compuesto a su vez por tres capas: una epidermis exterior, impermeable y transparente, una pared por donde circulan las sustancias alimenticias y una médula de tejido esponjoso y blanco donde almacena reservas alimenticias, en especial azúcares.
- Hojas: Las hojas toman una forma alargada íntimamente arrollada al tallo, del cual nacen las espigas o mazorcas. Cada mazorca consiste en un tronco u olote que está cubierta por filas de granos, la parte

comestible de la planta, cuyo número puede variar entre ocho y treinta.

- Inflorescencia: Es una planta monoica de flores unisexuales; sus inflorescencias masculinas y femeninas se encuentran bien diferenciadas en la misma planta.
- Granos: En la mazorca, cada grano o semilla es un fruto independiente llamado cariósido que está insertado en el raquis cilíndrico u olote; la cantidad de grano producido por mazorca está limitada por el número de granos por hilera y de hileras por mazorca.

Morfología de la planta de maíz

La estructura de la planta está constituida por una raíz fibrosa y un tallo recto de diversos tamaños de acuerdo al cultivo, con hojas puntiagudas dispuestas y encajadas en el tallo, formando un ramo que contiene la flor masculina, ya que la femenina se encuentra a un nivel inferior y es la que da origen a la mazorca. La planta puede alcanzar una altura de 2,50- 3 mts, según el cultivo y las condiciones de explotación.

Propiedades físicas y análisis químico

Tabla N°03: Propiedades de las cenizas de la hoja de maíz.

Descripción	Cenizas
	Hoja de Maíz
Propiedades físicas	
Gravedad Específica	1,91
Superficie Específica (cm ² /g)	6,328
Finura (% pasa 325)	87,29
Análisis Químico (%)	
SiO ₂	47,62
Al ₂ O ₃	0,00
Fe ₂ O ₃	1,58
CaO	5,16
MgO	4,12
SO ₃	0,90
K ₂ O	9,51
Na ₂ O	0,33
Humedad	4,53
Pérdida al fuego	17,67
TiO ₂	Trazas
ZnO	0,06
MnO	0,28
SiO ₂ / Al ₂ O ₃	N/A

Diseño del concreto

Definición

Sostiene que el diseño de concreto es la mezcla de todos los materiales que lo integran (agregados, agua, cemento), y lo define como el diseño de concreto es el proceso de selección de los materiales, para que tenga una buena trabajabilidad y consistencia adecuada, y toma como dimensiones a la trabajabilidad definiéndolo como la capacidad de ser colocado y consolidado, ensayos (Cono de Abrams), que mide la consistencia y fluidez del diseño de mezcla, la consistencia que es el estado de fluidez, que tan dura o blanda esta la mezcla, la plasticidad es cuando es concreto

fresco cambia de forma y la exudación que consiste en qué parte del agua de mezclado tiende a elevarse a la superficie durante el proceso de fraguado.

El diseño de concreto es un procedimiento empírico, y aunque hay muchas propiedades importantes del concreto, la mayor parte de procedimientos de diseño están basados principalmente en lograr una resistencia a compresión para una edad determinada así como la manejabilidad apropiada para un tiempo determinado, además se debe diseñar para unas propiedades que el concreto debe cumplir cuando una estructura se coloca en servicio.

Una mezcla se debe diseñar tanto para estado fresco como para estado endurecido. Las principales exigencias que se deben cumplir para lograr una dosificación apropiada en estado fresco son las de manejabilidad, resistencia, durabilidad y economía (Sánchez, D., 2001).

Durabilidad

Define la Durabilidad como “la habilidad del concreto para resistir la acción del intemperismo, ataques químicos, abrasión, o cualquier otro tipo de deterioro”. Algunos investigadores prefieren decir que “es aquella propiedad del concreto endurecido que define la capacidad de éste para resistir la acción del medio ambiente que lo rodea; los ataques, ya sea químicos, físicos o biológicos, a los cuales puede estar expuesto; los efectos de la abrasión, la acción del fuego y las radiaciones: la acción de la corrosión y/o cualquier otro proceso de deterioro”. Comité 201 del *American Concrete Institute (ACI)*,

Indica que, el concreto es diseñado para una resistencia mínima a compresión. Esta especificación de la resistencia puede tener algunas limitaciones cuando se especifica con una máxima relación agua cemento y se condiciona la cantidad de material cementante. Es importante asegurar que los requisitos no sean mutuamente incompatibles o en algunos casos la relación agua/material cementante se convierte en las características más importante por tema de durabilidad. (Burg., S 1996)

Indica que, en algunas especificaciones puede requerirse que el concreto cumpla con ciertos requisitos de durabilidad relacionados con congelamiento y deshielo, ataques químicos, o ataques por cloruros, casos en los que la relación agua cemento, el contenido mínimo de cemento y el uso de aditivos se convierten en pieza fundamental para el diseño de una mezcla de concreto. Esto nos lleva a tener presente que una mezcla perfecta o diseñada bajo los criterios de durabilidad no producirá ningún efecto si no se llevan a cabo procedimientos apropiados de colocación, compactación acabado, protección y curado. (Burg., S 1996).

El costo de elaboración en las mezclas del concreto

El costo de la elaboración de una mezcla de concreto está constituido básicamente por el costo de los materiales, equipo y mano de obra. La variación en el costo de los materiales se debe a que el precio del cemento por kilo es mayor que el de los agregados y de allí, que la proporción de estos últimos minimice la cantidad de cemento sin sacrificar la resistencia y demás propiedades del concreto. La diferencia en costo entre los agregados generalmente es secundaria; sin embargo, en algunas localidades o con algún tipo de agregado especial pueden ser suficientes para que influya en la selección y dosificación. El costo del agua usualmente no tiene ninguna influencia, mientras que el de los aditivos puede ser importante por su efecto potencial en la dosificación del

cemento y los agregados. Comité 201 del *American Concrete Institute (ACI)*,

El costo de la mano de obra depende de la trabajabilidad de la mezcla y de los métodos de colocación y compactación. Una mezcla poco trabajable con un equipo de compactación deficiente aumenta los costos de mano de obra

También la economía de un diseño de mezcla se debe contemplar el grado de control de calidad que se espera en la obra. El concreto tiene una variabilidad tanto la calidad de los materiales, la producción y las acciones que se ejecutan en la obra. En obras pequeñas “sobre diseñar” el concreto puede resultar económico entre comillas pero en una obra muy grande de altos volúmenes de concreto se debe implementar un extenso control de calidad con el propósito de mejorar los costos y la eficiencia.

Dosificación de una mezcla de concreto

Indica que, las proporciones de la mezcla de concreto que cumpla con dichas características con los materiales disponibles, se logra mediante el sistema de prueba y error o el sistema de ajuste y reajuste. (Pinto y Hover 2001)

Dicho sistema consiste en preparar una mezcla de concreto con unas proporciones iniciales y calculadas por diferentes métodos. A la mezcla de prueba se le realizan los diferentes ensayos de control de calidad como asentamiento, pérdida de manejabilidad, masa unitaria, tiempos de fraguado y resistencia a la compresión.

Estos datos se comparan con la especificación y si llegan a ser diferentes o no cumplen con la expectativa de calidad se reajustan las cantidades, se elabora nuevamente la mezcla que debe cumplir todos los ensayos de control de calidad, si nuevamente no cumple los requisitos exigidos es necesario revisar los materiales, el método del diseño y nuevamente otra

mezcla de concreto hasta ajustar los requisitos exigidos por la especificación.

a) Datos de los materiales

De las propiedades de los materiales que se van a utilizar se debe conocer:

- Granulometría
- Módulo de finura de la arena
- Tamaño máximo de la grava
- Densidad aparente de la grava y de la arena
- Absorción de la grava y de la arena
- Masa unitaria compacta de la grava
- Humedad de los agregados inmediatamente antes de hacer las mezclas

Proceso para el diseño de mezclas de concreto

- Definición de la resistencia Compresión.
- Elección del asentamiento
- Estimación cantidad de aire
- Estimación contenido de agua
- Definir relación agua/material cementante
- Contenido de material cementante
- Verificar las granulometrías de los agregados
- Estimación de agregado grueso
- Estimación de agregado fino
- Ajuste por humedad
- Ajuste del diseño de mezcla

Indica que, los métodos de diseño de mezclas de concreto van desde los analíticos experimentales y empíricos, hasta volumétricos, todos estos métodos han evolucionado y ha llevado a procedimientos acordes con las necesidades de los proyectos y se han desarrollado algunas guías ya

normalizadas para darle cumplimiento a la calidad del concreto en la obras. Comité 201 del American Concrete Institute (ACI)

Trabajabilidad

Indican que la facilidad de colocación, consolidación y acabado del concreto fresco y el grado que resiste a la segregación se llama trabajabilidad. El concreto debe ser trabajable pero los ingredientes no deben separarse durante el transporte y el manoseo. El grado de la trabajabilidad que se requiere para una buena colocación del concreto se controla por los métodos de colocación, tipo de consolidación y tipo de concreto. Los diferentes tipos de colocación requieren diferentes niveles de trabajabilidad. La distribución uniforme de las partículas de agregado y la presencia de aire incorporado ayudan considerablemente en el control de la segregación y en la mejoría de la trabajabilidad. La Figura 1-6 enseña el efecto de la temperatura de colocación sobre la consistencia o asentamiento en cono de Abrams y sobre la trabajabilidad potencial de las mezclas. Las propiedades relacionadas con la trabajabilidad incluyen consistencia, segregación, movilidad, bombeabilidad, sangrado (exudación) y facilidad de acabado. La consistencia es considerada una buena indicación de trabajabilidad. El asentamiento en cono de Abrams se usa como medida de la consistencia y de la humedad del concreto. Un concreto de bajo revenimiento tiene una consistencia rígida o seca. Si la consistencia es muy seca y rígida, la colocación y compactación del concreto serán difíciles y las partículas más grandes de agregados pueden separarse de la mezcla. Sin embargo, no debe suponerse que una mezcla más húmeda y fluida es más trabajable. Si la mezcla es muy húmeda, pueden ocurrir segregación y formación de huecos. La consistencia debe ser lo más seca posible para que aún se permita la colocación empleándose los equipos de consolidación disponibles. (Powers, S. 1932).

Definición del sangrado y asentamiento

Define al sangrado (exudación) es el desarrollo de una camada de agua en el tope o en la superficie del concreto recién colocado. Es causada por la sedimentación (asentamiento) de las partículas sólidas (cemento y agregados) y simultáneamente la subida del agua hacia la superficie (Fig. 1-7). El sangrado es normal y no debería disminuir la calidad del concreto adecuadamente colocado, acabado y curado. Un poco de sangrado es útil en el control de la fisuración por retracción plástica. Por otro lado, la excesiva aumenta la relación agua-cemento cerca de la superficie; puede ocurrir una camada superficial débil y con poca durabilidad, particularmente si se hace el acabado cuando el agua de sangrado aún está presente. Los vacíos y bolsas de agua pueden ocurrir, resultantes del acabado prematuro de la superficie. (Según Kosmatka 1994)

Después que toda el agua de sangrado (exudación) se evapore, la superficie endurecida va a ser un poco más baja que la superficie recién colocada. Esta disminución de la altura desde el momento de la colocación (puesta, colado) hasta el inicio del fraguado se llama retracción por sedimentación. La tasa de sangrado (exudación) y la capacidad de sangrado (sedimentación total por unidad de peso del concreto original) aumentan con la cantidad inicial de agua, altura del elemento de concreto y presión. El uso de agregados de granulometría adecuada, ciertos aditivos químicos, aire incluido, materiales cementantes suplementarios y cementos más finos reduce el sangrado. El concreto usado para rellenar vacíos, proporcionar soporte o proporcionar impermeabilidad con una buena adhesión debe presentar bajo sangrado para evitar formación de bolsas de agua.

Hidratación, tiempo de fraguado y endurecimiento

La calidad de unión (adhesión) de la pasta de cemento portland se debe a las reacciones químicas entre el cemento y el agua, conocidas como hidratación. El cemento portland no es un compuesto químico sencillo, es una mezcla de muchos compuestos. Cuatro de ellos totalizan 90% o más del peso del cemento portland: silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico y ferroaluminato tetracálcico (aluminio ferrito tetracálcico). Además de estos compuestos principales, muchos otros desempeñan un papel importante en el proceso de hidratación. Cada tipo de cemento portland contiene los mismos cuatro compuestos principales, pero en proporciones diferentes. Cuando se examina el clínker (clinker) (el producto del horno que se muele para fabricar el cemento portland) al microscopio, la mayoría de sus compuestos individuales se puede identificar y sus cantidades se pueden determinar. Sin embargo, los granos más pequeños no se pueden detectar visualmente. El promedio del diámetro de las partículas de un cemento típico es aproximadamente 15 micrómetros. Si todas las partículas tuviesen este diámetro promedio, el cemento portland contendría aproximadamente 300 billones de partículas por kilogramo, pero en realidad, existen unos 16,000 billones de partículas por kilogramo, debido a la amplia variación del tamaño de las partículas. Las partículas en un kilogramo de cemento portland tienen un área superficial de aproximadamente 400 metros cuadrados. Los dos silicatos de calcio, los cuales constituyen 75% del peso del cemento portland, reaccionan con el agua para formar dos compuestos: hidróxido de calcio y silicato de calcio hidratado (hidrato de silicato de calcio). Este último es, sin duda, el más importante compuesto del concreto. Las propiedades de ingeniería del concreto – fraguado y endurecimiento, resistencia y estabilidad dimensional dependen principalmente del silicato de calcio hidratado. Éste es el corazón del concreto. La composición química del

silicato de calcio hidratado es un tanto variable, pero contiene cal (CaO) y dióxido de silicio (SiO₂) en una proporción de 3 para 2. El área superficial del silicato de calcio hidratado es unos 300 metros cuadrados por gramo. En pastas endurecidas de cemento, el silicato de calcio hidratado forma un vínculo denso entre las otras fases cristalinas y los granos de cemento aún no hidratados; también se adhiere a los granos de arena y a los agregados gruesos, cementándolo todo junto. (Copeland y Schulz, 1962)

Indica que, mientras el concreto se endurece, su volumen bruto permanece casi inalterado, pero el concreto endurecido contiene poros llenos de agua y aire, los cuales no tienen resistencia. La resistencia está en las partes sólidas de la pasta, sobre todo en el silicato de calcio hidratado y en los compuestos cristalinos. Cuanto menos porosa es la pasta de cemento, más resistente es el concreto. Por lo tanto, al mezclarse el concreto, no se debe usar más agua que aquella estrictamente necesaria para obtenerse un concreto plástico y trabajable. Incluso, la cantidad de agua usada es normalmente mayor que la necesaria para la hidratación completa del cemento. Aproximadamente se necesitan 0.4 gramos de agua por gramo de cemento para la hidratación completa del cemento

Sin embargo, la hidratación completa es rara en los concretos de las obras, debido a una falta de humedad y al largo periodo de tiempo (décadas) que se requiere para obtener la hidratación total. El conocimiento de la cantidad de calor liberado por la hidratación del cemento puede ser útil para el planeamiento de la construcción. En invierno, el calor de hidratación va a ayudar a proteger el concreto contra los daños causados por las temperaturas muy bajas. Sin embargo, el calor puede ser perjudicial, como por ejemplo en estructuras masivas, tales como las presas, pues puede producir temperaturas diferenciales indeseables. El conocimiento de la velocidad de reacción entre el cemento y el agua es importante porque determina el tiempo de fraguado y endurecimiento. La reacción inicial debe ser suficientemente lenta para que haya tiempo para

transportar y colocar el concreto. Una vez que el concreto ha sido colocado y acabado, es deseable un endurecimiento rápido. El yeso, que se añade en el molino de cemento cuando al molerse el clínker, actúa como un regulador del fraguado inicial del cemento portland. La finura del cemento, aditivos, cantidad de agua adicionada y temperatura de los materiales en el momento de la mezcla son otros factores que influyen la tasa de hidratación. Las propiedades de fraguado de mezclas de concreto en diferentes temperaturas. (Powers, S. 1948)

Resistencia

Definición

La resistencia como el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. La resistencia a la compresión de un material que falla debido al fracturamiento se puede definir en límites bastante ajustados, como una propiedad independiente. Sin embargo, la resistencia a la compresión de los materiales que no se rompen en la compresión se define como la cantidad de esfuerzo necesario para deformar el material una cantidad arbitraria. La resistencia a la compresión se calcula dividiendo la carga máxima por el área transversal original de una probeta en un ensayo de compresión. (Juárez E. 2005)

Dimensiones

✓ Durabilidad

La durabilidad como la capacidad para soportar, durante la vida útil para la que ha sido proyectada, las condiciones físicas y químicas a las que está expuesta, y que podrían llegar a provocar su degradación como consecuencia de efectos diferentes a las cargas y sollicitaciones consideradas en el análisis estructural. Los factores fundamentales desde el

punto de vista de la durabilidad, son el transporte simultáneo del calor, humedad y sustancias químicas

✓ Permeabilidad

La permeabilidad como la propiedad que tiene el suelo de transmitir el agua y el aire y es una de las cualidades más importantes que han de considerarse. La permeabilidad es la capacidad que poseen las rocas, el suelo y otras sustancias porosas de permitir el ingreso de fluidos en ellas. Existen muchos factores que afectan la permeabilidad. La porosidad, que es el porcentaje de espacio vacío que contiene un sólido, determina la cantidad de espacio que tienen los líquidos para fluir en el sólido. Pero el tamaño y la forma de los poros también es importante. (Juárez E. 2005).

Comportamientos de la resistencia mecánica del concreto

El concreto es una masa endurecida que por su propia naturaleza es discontinua y heterogénea. Las propiedades de cualquier sistema heterogéneo dependen de las características físicas y químicas de los materiales que lo componen y de las interacciones entre ellos. Con base en lo anterior, la resistencia del concreto depende principalmente de la resistencia e interacción de sus fases constituyentes: La resistencia de la pasta hidratada y endurecida (matriz), la resistencia de las partículas del agregado y la resistencia de la interfase matriz-agregado. (Osorio, J. 2013)

Factores que influyen en la resistencia mecánica del concreto

Los factores que influyen en la resistencia mecánica del concreto, como: **El contenido de cemento**, el cemento es el material más activo de la mezcla de concreto, por tanto sus características y sobre todo su contenido (proporción) dentro de la mezcla tienen una gran influencia en

la resistencia del concreto a cualquier edad. A mayor contenido de cemento se puede obtener una mayor resistencia y a menor contenido la resistencia del concreto va a ser menor. (Osorio, J. 2013)

La relación agua-cemento y contenido de aire, Abrams formuló la conocida “Ley de Abrams”, según la cual, para los mismos materiales y condiciones de ensayo, la resistencia del concreto completamente compactado, a una edad dada, es inversamente proporcional a la relación agua-cemento. Este es el factor más importante en la resistencia del concreto: Relación agua-cemento = A/C , (A: Contenido de agua en la mezcla en kg, y C: Contenido de cemento en la mezcla en kg). De acuerdo con la expresión anterior, existen dos formas de que la relación agua-cemento aumente y por tanto la resistencia del concreto disminuya: aumentando la cantidad de agua de la mezcla o disminuyendo la cantidad de cemento. Esto es muy importante tenerlo en cuenta, ya que en la práctica se puede alterar la relación agua-cemento por adiciones de agua después de mezclado el concreto con el fin de restablecer asentamiento o aumentar el tiempo de manejabilidad, lo cual va en detrimento de la resistencia del concreto y por tanto esta práctica debe evitarse para garantizar la resistencia para la cual el concreto fue diseñado. También se debe tener en cuenta si el concreto va a llevar aire incluido (naturalmente atrapado más incorporado), debido a que el contenido de aire reduce la resistencia del concreto, por lo tanto para que el concreto con aire incluido obtenga la misma resistencia debe tener una relación agua-cemento más baja. (Osorio, J. 2013)

La Influencia de los agregados, la distribución granulométrica juega un papel importante en la resistencia del concreto, ya que si esta es continua permite la máxima capacidad del concreto en estado fresco y una mayor densidad en estado endurecido, lo que se traduce en una mayor resistencia. La forma y textura de los agregados también influyen. Agregados de forma cúbica y rugosa permiten mayor adherencia de la interfase matriz-

agregado respecto de los agregados redondeados y lisos, aumentando la resistencia del concreto. Sin embargo este efecto se compensa debido a que los primeros requieren mayor contenido de agua que los segundos para obtener la misma manejabilidad. La resistencia y rigidez de las partículas del agregado también influyen en la resistencia del concreto. (Osorio, J. 2013)

El tamaño máximo del agregado recientes investigaciones sobre la influencia del tamaño máximo del agregado en la resistencia del concreto concluyen lo siguiente: Para concretos de alta resistencia, mientras mayor sea la resistencia requerida, menor debe ser el tamaño del agregado para que la eficiencia del cemento sea mayor. Para concretos de resistencia intermedia y baja, mientras mayor sea el tamaño del agregado, mayor es la eficiencia del cemento. En términos de relación agua-cemento, cuando esta es más baja, la diferencia en resistencia del concreto con tamaños máximos, menores o mayores es más pronunciada. (Osorio, J. 2013)

Fraguado del concreto, es factor que afecta la resistencia del concreto es la velocidad de endurecimiento que presenta la mezcla al pasar del estado plástico al estado endurecido, es decir el tiempo de fraguado. Por tanto es muy importante su determinación. (Osorio, J. 2013)

Edad del concreto, a partir del momento en que se presenta el fraguado final del concreto, comienza realmente el proceso de adquisición de resistencia, el cual va aumentando con el tiempo. Con el fin de que la resistencia del concreto sea un parámetro que caracterice sus propiedades mecánicas, se ha escogido arbitrariamente la edad de 28 días como la edad en la que se debe especificar el valor de resistencia del concreto. Se debe tener en cuenta que las mezclas de concreto con menor relación agua-cemento aumentan de resistencia más rápidamente

que las mezclas de concreto con mayor relación agua-cemento. (Osorio, J. 2013)

El curado del concreto, es el proceso mediante el cual se controla la pérdida de agua de la masa de concreto por efecto de la temperatura, sol, viento, humedad relativa, para garantizar la completa hidratación de los granos de cemento y por tanto garantizar la resistencia final del concreto. El objeto del curado es mantener tan saturado como sea posible el concreto para permitir la total hidratación del cemento; pues si está no se completa la resistencia final del concretos se disminuirá. (Osorio, J. 2013)

La temperatura, es otro de los factores externos que afecta la resistencia del concreto, y su incidencia es la siguiente: Durante el proceso de curado, temperaturas más altas aceleran las reacciones químicas de la hidratación aumentando la resistencia del concreto a edades tempranas, sin producir efectos negativos en la resistencia posterior. Temperaturas muy altas durante los procesos de colocación y fraguado del concreto incrementan la resistencia a muy temprana edad pero afectan negativamente la resistencia a edades posteriores, especialmente después de los 7 días, debido a que se da una hidratación superficial de los granos de cemento que producen una estructura físicamente más pobre y porosa. (Osorio, J. 2013).

Resistencia a la compresión

El ensayo con el cual se mide la Resistencia a la compresión del concreto, está establecido en las normas NTC 550 y NTC 673.

Según Rivera (2010), La resistencia de un concreto, normalmente aumentada con la edad. Dicho aumento se produce muy rápidamente

durante los primeros días posteriores a su colocación, resultando más gradual al transcurrir el tiempo, aún continuará incrementándose a una proporción más reducida durante un periodo de tiempo indefinido. La resistencia a la compresión de un concreto a los 28 días, determinada de acuerdo con los ensayos normalizados y suponiendo que haya sido curada de forma correcta, se emplea generalmente como índice de calidad del mismo. Es mejor método obtener un criterio sobre calidad, debido a la dispersión de los resultados.

Con el fin de no disminuirán en forma apreciable el factor de seguridad de las estructuras o encarecer innecesariamente el concreto, se acepta que un porcentaje razonable de resultados caigan por debajo de F'_c .

Cuando una instalación productora de concreto disponga de los registros de ensayos, debe calcularse su desviación estándar. La desviación estándar se debe calcular utilizando los registros de ensayo que cumplan las siguientes condiciones:

- a. Representen los materiales, procedimientos de control de calidad y condiciones similares.
- b. Representen un concreto producido para una resistencia o resistencia nominales, F'_c , que no defieran en más de 7MPa de la resistencia nominal especificada.

De acuerdo a los criterios tenemos:

- A. La probabilidad de tener resultados por debajo de $(F'_c - 3.5)$ MPa, debe ser inferior al 1%.
- B. La probabilidad de que el promedio de 3 ensayos consecutivos sea menor de F'_c (MPa) debe ser inferior al 1%.

Si se define:

F'_c = Resistencia a la compresión de diseño del calculista y determinada con probetas de tamaño normalizado, expresada en Mpa, si no se especifica su edad, se adopta que a los 28 días.

F'_{cr} = Resistencia promedio a la compresión del concreto requerida para dosificar las mezclas en MPa.

Ensayo a la Resistencia a la Compresión

Se emplean moldes cilíndricos de 15 cm de diámetro por 30 cm de longitud. Para cada edad se deben ensayar como mínimo 2 cilindros y trabajar con el valor promedio. Se deben aceitar las paredes del molde; al llenar se debe lograr una buena compactación, la cual puede realizarse con varilla (método apisonado) si el asentamiento es mayor a 7,5 cm o con vibrador (método vibrado) si el asentamiento es menor a 2,5 cm. Para asentamientos entre 2,5 y 7,5 cm puede usarse varilla o vibrador.

Los cilindros se llenan con hormigón en capas de igual volumen aproximadamente, el número de capas depende del método de compactación escogido, así:

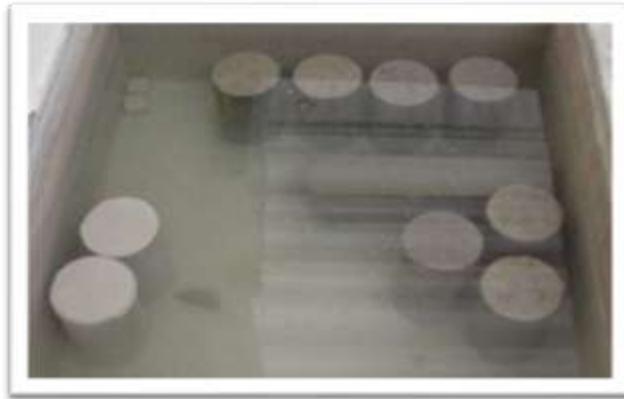
Varillado – 3 capas

Vibrado – 2 capas

En el método apisonado cada capa debe compactarse con 25 golpes, los cuales deben distribuirse uniformemente en toda la sección transversal del molde. La capa del fondo debe penetrar aproximadamente 25 mm en la capa inmediatamente inferior. Si al retirar la varilla quedan huecos en el cilindro, estos deben cerrarse golpeando suavemente en las paredes del molde.

Los cilindros deben referenciarse. Los moldes con el concreto, se deben colocar durante las 16 horas como mínimo y máximo 24 horas, sobre una

superficie rígida, libre de vibración u otras perturbaciones. Los cilindros se deben almacenar en condiciones tales que se mantenga la temperatura entre 16°C y 27°C y se prevenga la pérdida de humedad de los mismos. Los cilindros para verificar diseño o para control de calidad, deben removerse de los moldes después de 20+4 horas de haber sido moldeados y deben almacenarse en condiciones de humedad tales que siempre se mantenga agua libre en todas sus superficies, a temperatura permanente de 23+2°C hasta el momento del ensayo. Los cilindros no deben estar expuestos a goteras o corrientes de agua, si se desea almacenamiento bajo agua esta debe estar saturada de cal.



Almacenamiento de concreto bajo agua

Los cilindros que se toman para conocer el tiempo mínimo de desencofrado, el tiempo para dar al servicio una estructura o para hacer el control de curado en las obras. Los cilindros se deben probar a la edad especificada, aunque se recomienda probar parejas de cilindros antes y después de la edad especificada con el fin de determinar cómo ha sido desarrollado de resistencia.

Antes de probar los cilindros se debe comprobar que sus bases sean planas, las bases de los cilindros que no sean planas dentro de 0,0005 mm debe refrentarse. El refrentado se puede hacer con mortero de azufre o yeso de acuerdo a la norma NTC 504. Los cilindros deben ensayarse tan pronto

como sea posible, en estado húmedo; se llevan a la máquina de ensayo y se aplica carga a una velocidad constante (1,4 a 3,5 kg/cm²/s) hasta que el cilindro falle.



Refrentado de cilindros de concreto.

La resistencia a la compresión se calcula así:

$$R = P / A$$

Dónde:

- P : Carga máxima aplicada en kg.
A : Área de la sección transversal en cm².
R : Resistencia a la compresión del cilindro en kg/cm².



Ensayo de Resistencia a la compresión del concreto

Adicionalmente el valor de la resistencia a la compresión se debe reportar el número de identificación o referencia del cilindro, su edad, tipo de fractura y defectos tanto del cilindro como del refrentado.

La resistencia a la compresión del concreto se debe determinar como el promedio de al menos dos cilindros probados al mismo tiempo.

Justificación de la investigación

Se busca mejorar de manera específica la resistencia obtenida en el concreto en el cual el cemento ha sido sustituido parcialmente en los porcentajes de 4%, 6% y 8% por las cenizas del rastrojo de maíz, el que beneficiará a las nuevas construcciones de viviendas en la provincia del Santa.

Se busca mejorar la eficacia en el concreto, a base del rastrojo de maíz (cenizas) siendo un elemento de bajo costo económico.

La recolección del rastrojo de maíz es de un bajo costo, su producción genera baja contaminación, Su componente principal es el óxido de silicio, responsable de su alta reactividad.

Este trabajo es un aporte a la ingeniería civil por que conoceremos la importancia de las cenizas en la elaboración de concreto, es allí donde se fundamenta la investigación que a corto plazo sería interesante para la construcción, debido a las técnicas constructivas.

Planteamiento del problema

A partir de la segunda mitad del ciclo XX, la ingeniería civil se ha desarrollado considerablemente. Los países pobres y en vías de desarrollo hacen grandes esfuerzos para desarrollar tecnologías que les permitan aprovechar sus vastos recursos naturales y generar sus propios materiales de construcción.

Con aglomerantes puzolánicos (“la ceniza”) como sustituto en el concreto representa una alternativa de desarrollo para estos países, y nuestra región y porque no decirlo nuestra ciudad.

En la actualidad, en nuestra región por tratar de economizar recurren a agregar menos cemento de lo especificado en las construcciones, he ahí donde nuestro trabajo de investigación se fundamenta porque buscamos sustituir parcialmente el cemento por la ceniza del rastrojo de maíz que es una materia prima que se encuentra a un bajo costo y en abundancia en nuestra provincia.

Por estos motivos se dispondrá a elaborar un concreto utilizando la ceniza del rastrojo de maíz como sustitución parcial del cemento en un concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$. El concreto tendrá en su composición la sustitución parcial del cemento por la ceniza del rastrojo de maíz con lo cual se busca comprobar los efectos al sustituir el cemento. Se espera obtener una resistencia mayor o igual en la compresión del concreto patrón. Entonces nos planteamos la siguiente pregunta:

PROBLEMA

¿Cuál es la resistencia de un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ cuando se sustituye el cemento en un 4%, 6% y 8% por ceniza del rastrojo de maíz?

Conceptuación y Operacionalización de variable:

Variable Dependiente:

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Resistencia del concreto a la compresión	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. (Juárez E. 2005).	Es el esfuerzo máximo que puede soportar una probeta bajo una carga 210Kg.	Kg/cm ²

Variable independiente:

VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Adición de ceniza del rastrojo de maíz	Es la sustitución de ceniza del rastrojo de maíz en 4%, 6% y 8% del cemento en el diseño de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	Porcentaje

Hipótesis

“La sustitución de un 4%, 6% y 8% del cemento por ceniza del rastrojo de maíz, incrementaría la resistencia a la compresión de un concreto $f'_c=210$ kg/cm² debido a su alto contenido de Oxido de silicio”

Objetivos

Objetivo general

- ✓ Determinar la resistencia a la compresión del concreto f'_c 210 kg/cm² cuando se sustituye un 4%, 6% y 8% del cemento por ceniza del rastrojo de maíz.

Objetivos específicos

- ✓ Definir las características del agregado para el diseño de mezcla.
- ✓ Determinar la relación Agua – Cemento del concreto patrón y experimental.
- ✓ Determinar la temperatura de calcinación del rastrojo de maíz mediante ATD.
- ✓ Determinar la composición química de las cenizas del rastrojo de maíz mediante el análisis de Fluorescencia de rayos X.
- ✓ Determinar la alcalinidad de la ceniza del rastrojo de maíz y de su mezcla al 4%, 6% y 8%.
- ✓ Determinar la resistencia a la compresión del concreto patrón y experimental, y comparar resultados.

II. METODOLOGIA

Tipo y diseño investigación:

Tipo de investigación:

Nuestro tipo de investigación es Aplicada y explicativa, porque los resultados obtenidos servirán para la solución de problemas relacionados a la construcción, y explicativa porque se evaluará la resistencia que se logra cuando se sustituye un porcentaje de cemento por ceniza del rastrojo de maíz.

Enfoque de investigación:

Cuantitativo, porque se estudia las variables y sus indicadores objetivamente midiendo y registrando sus valores respuesta en los instrumentos de recolección de datos (guías de observación).

Todos los experimentos cuantitativos utilizan un formato estándar, con algunas pequeñas diferencias inter-disciplinarias para generar una hipótesis que será probada o desmentida. Esta hipótesis debe ser demostrable por medios matemáticos y estadísticos y constituye la base alrededor de la cual se diseña todo el experimento.

Diseño de la investigación:

Es un diseño experimental porque es un proceso en el cual estudiaremos el diseño convencional del concreto ($F'c$ 210 kg/cm²) en comparación con el nuevo diseño elaborado con la sustitución parcial de ceniza del rastrojo de maíz, el estudio en su mayor parte se concentrara en las pruebas realizadas en el Laboratorio de Suelos, donde el investigador estará en contacto con los

ensayos a realizar obteniendo resultados de acuerdo a lo planeado en sus objetivos. Siendo su diseño de investigación el siguiente:

Diseño en bloque completo al azar

DIAS DE CURADO	Resistencia a la compresión del concreto con la sustitución del cemento en % por la ceniza del rastrojo de maíz			
	Sin Sustitución 0%	Con Sustitución 4%	Con Sustitución 6%	Con Sustitución 8%
7	P1 	P1 	P1 	P1 
	P2 	P2 	P2 	P2 
	P3 	P3 	P3 	P3 
14	P1 	P1 	P1 	P1 
	P2 	P2 	P2 	P2 
	P3 	P3 	P3 	P3 
28	P1 	P1 	P1 	P1 
	P2 	P2 	P2 	P2 
	P3 	P3 	P3 	P3 

Población y muestra:

Población:

Para esta investigación se tiene como población de estudio al conjunto de probetas con un diseño de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

El diseño se elaboró en el Laboratorio de Suelos de la Universidad San Pedro considerando la resistencia a la compresión en relación a su diseño de concreto.

Muestra:

Se realizarán 9 probetas por cada material según el porcentaje de sustitución, el tipo de muestreo será por conveniencia, debido a los factores económicos y tiempo.

- 9 probetas patrón (0% de sustitución) es decir se harán probetas comunes con los agregados de cemento arena piedra y agua, cuya rotura se realizará a los 7, 14 y 28 días.

- 9 probetas experimental (4% de sustitución) es decir se sustituirá el cemento con la ceniza del rastrojo de maíz, cuya rotura se realizará a los 7, 14 y 28 días.

- 9 probetas experimental (6% de sustitución) es decir se sustituirá el cemento con la ceniza del rastrojo de maíz, cuya rotura se realizará a los 7, 14 y 28 días.

- 9 probetas experimental (8% de sustitución) es decir se sustituirá el cemento con la ceniza del rastrojo de maíz, cuya rotura se realizará a los 7, 14 y 28 días.

Para la prueba de ensayos nos basamos en el reglamento nacional de edificaciones (RNE); donde precisa que pueden aceptarse registros de ensayos que consistan en menos de 30, pero no menos de 10 ensayos consecutivos siempre que abarquen un periodo no menor de 45 días.

Técnicas e instrumentos de investigación

TECNICA	INSTRUMENTO
La Observación	<ul style="list-style-type: none">- Guía de observación Resumen.- Fichas técnicas del laboratorio de las pruebas a realizar.

Se aplicará como técnica la observación ya que la percepción del material debe ser registrada en forma cuidadosa y experta. Todo lo observado se debe poner por escrito lo antes posible, cuando no se puede tomar notas en el mismo momento. Para esto utilizaremos como instrumento una guía de observación resumen porque nos permitirá elaborar sistemas de organización y clasificación de la información.

Procesamiento y análisis de la información

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

En dicho procesamiento se realizará:

- Representación con cuadros estadísticos y sus respectivos gráficos procesado con Excel y analizado con tablas, gráficos.
- Prueba de hipótesis t – student y ANOVA

Metodología

➤ Ubicación de las canteras para los agregados

• Agregado Grueso

Nombre de la cantera	:	RUBEN
Ubicación de la cantera	:	CHIMBOTE
Propietario	:	Sr. Rubén Rodríguez
Accesibilidad	:	Por la Panamericana norte con desvío a la izquierda. Cerca al túnel de Coishco.
Coordenadas	:	762220.83mE. 8999765.11mS; Zona 17L



FIGURA N° 06: Ubicación de la Cantera Ruben – Chimbote

• Agregado Fino

Nombre de la cantera	:	VESIQUE
Ubicación de la cantera	:	CHIMBOTE
Accesibilidad	:	Por la Panamericana a la altura de la playa vesique

➤ **RECOLECCIÓN DEL AGREGADO FINO Y GRUESO**



FIGURANº7: Extracción del Agregado Fino



FIGURA N°8: Extracción del Agregado Grueso

➤ **OBTENCIÓN DE LAS HOJAS DE MAÍZ.**

Las hojas de maíz fueron la materia prima base del proyecto, la incineración de este material permitió obtener la ceniza. El material fue extraído de una plantación de maíz en la Provincia de Casma



FIGURA N°9: Hojas de maíz secas (Rastrojo)

Para este proceso se utilizaron herramientas de corte (machetes) y también en forma manual.

➤ **SECADO DE LAS HOJAS DE MAÍZ.**

Parte del material extraído se encontraba seco (FOTO N°3), otra porción del material estaba verde. Las hojas de maíz se extendieron en la azotea de una casa, en la cual se trató de dejar expuesto al sol el mayor volumen posible. (FOTO N° 4 y 5). El periodo de secado fue de 15 días, ya que al realizar una revisión se percibió que el material se encontraba seco, lo que condujo a la preparación del proceso del prequemado



FIGURA N°10 y 11: Secado de las hojas de maíz mediante exposición al sol

➤ **PREQUEMADO DE LAS HOJAS DE MAÍZ (RASTROJO).**

Las hojas de maíz deben estar lo menos húmedo posible a fin de lograr una incineración en forma óptima, en la medida que el material está más seco más rápido culmina el proceso, lo cual genera una ceniza con mayor reactividad puzolánica



FIGURA N° 12 y 13: Proceso del prequemado (tiempo aproximado de duración 10 minutos)

La oxigenación también juega un papel importante en el enfriamiento de la ceniza debido a que su aplicación genera una ceniza más blanquecina, lo cual se toma como un índice de contenido de carbón, este indicador será menor mientras la ceniza tienda al color blanco.



FIGURA N° 14: Enfriamiento y Oxigenación de la ceniza en bandeja metálica

➤ **CALCINACIÓN DE LAS CENIZAS DEL RASTROJO DE MAÍZ.**

Una vez obtenidas las cenizas luego del prequemado, se realizó el proceso de calcinación en la mufla (Laboratorio de Mecánica de Suelos de la USP) a una temperatura de 350° por un periodo de 1 hora y media. El material fue calcinado por partes ya que en la mufla solo entraba aproximadamente 1 kg de ceniza, realizamos este proceso 3 veces puesto que eran 3kg y 250 gramos de ceniza.



FIGURA N°15 y 16: Calcinación de las cenizas del rastrojo de maíz a una temperatura de 350°

Luego del proceso de calcinación de las cenizas esperamos por unas horas para que enfríe. Enseguida se realizó el tamizado de la ceniza del rastrojo de maíz por la malla N° 200.



FIGURA N° 17: Tamizado de las cenizas del rastrojo de maíz por la malla N° 200

➤ **PESO ESPECÍFICO DE LA CENIZA DEL RASTROJO DE MAIZ.**



FIGURA N° 18 y 19: Peso específico de la Sustitución

➤ ENSAYO DE LOS AGREGADOS



FIGURA N° 20: Agregados para los Ensayos respectivos bajo supervisión del Ing. Miguel Solar



FIGURA N°21 y 22: Ensayo de Peso unitario del Agregado grueso



FIGURA N° 23 y 24: Ensayo de Peso Unitario del Agregado Fino.



FIGURA N°25 y 26: Ensayo Granulométrico de los Agregado



FIGURA N° 27:
Tamizado de los Agregados



FIGURA N° 28: Muestras del Agregado



FIGURA N° 29: Ensayo de contenido de humedad.



FIGURA N° 30: Muestras de Agregados en Agua para De Gravedad Específica y Absorción



FIGURA N° 31: Secado de muestras para E. de Gravedad Específica y A



FIGURA N° 32: Pesado de muestra seca en agua para E. de Gravedad Específica y Absorción



FIGURA N° 33: Pesado de Picnómetro con agua para Ensayo de Absorción



FIGURA N° 34: Ensayo de Absorción

➤ **PREPARACIÓN DE CONCRETO PARA PROBETAS PATRON (F'c= 210 Kg/cm²)**

Ensayo de Cono de Abrams

- Se pesó la piedra, arena, cemento y agua según nuestro diseño de mezcla C:A:P:H₂O 1:3.41:3.59:0.69.
- Se mezcló los materiales secos en el trompo, luego se le agregó el agua.
- Se realizó el vaciado de concreto en el cono de Abrams en 3 capas, cada capa con 25 chuceada.



FIGURA N°35: Mezclando los materiales secos en trompo, luego se le agregó el agua.



FIGURA N°36: Verificación de Asentamiento del Cono de Abrams bajo la Supervisión del Ing. Asesor. (Asentamiento= 3 pulg.)

Elaboración de las Probetas Patrón

- Se pesó los materiales (cemento: 16.362 kg, arena: 55.755 kg, piedra: 58.707 kg y agua: 11.268 kg.) según nuestro diseño de mezcla C:A:P:H₂O 1:3.41:3.59:0.69.
- Se mezcló los materiales secos en el trompo, luego se le agregó el agua.
- Se realizó el vaceado de cada probeta en forma continua llenando así las probetas en tres capas diferentes y chuceando con 25 golpes por capa con una varilla de acero.
- Luego de 24 horas se desencofró las probetas para el curado por un periodo de 7,14 y 28 días, para luego realizar su ensayo a la compresión.



FIGURA N° 37: Enrase de las probetas patrón



FIGURA N° 38: Probetas Patrón

❖ PREPARACIÓN DE CONCRETO PARA DISEÑO DE MEZCLA EXPERIMENTAL

Elaboración del ensayo de cono de abrams.

- ✓ Se pesó los materiales (cemento, ceniza del rastrojo de maíz, arena, piedra y agua) de acuerdo a los resultados de nuestro diseño de mezcla.
 - .Sustitución 4% → C : Crm : A : P : H₂O 0.96:0.04:3.41:3.59:0.69
 - .Sustitución 6% → C : Crm : A : P : H₂O 0.94:0.06:3.41:3.59:0.69
 - .Sustitución 8% → C : Crm : A : P : H₂O 0.92:0.08:3.41:3.59:0.69
- ✓ Se mezcló el cemento con las cenizas del rastrojo de maíz, luego se mezclan los materiales secos en el trompo y luego se le agregó el agua.

- ✓ Se realizó el vaciado de concreto en el cono de Abrams en 3 capas, cada capa con 25 chuceada



FIGURA N° 39: Tomando medida del asentamiento

FIGURA N°40: Mezclando el cemento con ceniza

Elaboración de probetas experimentales

- ✓ Se pesó los materiales
 - .Sustitución 4%: cemento 15.708 kg, ceniza del rastrojo de maiz 0.654 kg, arena 55.755 kg, piedras 58.707 kg y agua 11.268 lt. De acuerdo a los resultados de nuestro diseño de mezcla C:Crm:A:P:H2O 0.96:0.04:3.41:3.59:0.69.
 - .Sustitución 6%: cemento 15.381 kg, ceniza del rastrojo de maiz 0.981 kg, arena 55.755 kg, piedras 58.707 kg y agua 11.268 lt. De acuerdo a los resultados de nuestro diseño de mezcla C:Crm:A:P:H2O 0.94:0.06:3.41:3.59:0.69.

.Sustitución 8%: cemento 15.054 kg, ceniza del rastrojo de maiz 1.308 kg, arena 55.755 kg, piedras 58.707 kg y agua 11.268 lt. De acuerdo a los resultados de nuestro diseño de mezcla C:Crm:A:P:H2O 0.92:0.08:3.41:3.59:0.69.

- ✓ Se mezclaron el cemento con la ceniza del rastrojo de maiz, luego se mezclaron los materiales en seco en el trompo y luego se le agrego el agua.
- ✓ Se empezó a vaciar cada probeta en forma continua llenando así las probetas en tres capas diferentes y chuceando con 25 golpes por capa con una varilla de acero para evitar cangrejas en las probetas.
- ✓ Luego de 24 horas se desencofró las probetas para curarlo por un periodo de 7,14 y 28 días, para luego realizar sus respectivos ensayos.



FIGURA N° 41 y 42: Probetas Experimentales

❖ **CURADO DE PROBETAS BAJO AGUA**



FIGURA N° 43: Probetas curadas bajo agua

➤ **ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO**

Ensayo Resistencia a la compresión de Probetas Patrón



FIGURA N° 44 y 45: Probetas Patrón previo a Ensayo a la edad de 7 días



FIGURA N° 46 y 47: El Ensayo se realizó con la Supervisión de un Ing. De Laboratorio

Ensayo Resistencia a la compresión de Probetas Experimentales



FIGURA N° 48 y 49: El ensayo se realizó con la Supervisión de un Ing.



FIGURA N° 50 y 51: Probetas Experimentales ensayadas a la edad de 7 días.

III. RESULTADOS

PROBETAS PATRÓN

Componentes del concreto por probeta Patrón

TABLA N° 04

Componentes del concreto por Probeta Patrón.

Material por probeta	Peso (kg)
Cemento	1.818
Arena	6.195
Piedra	6.523
Agua	1.252

Fuente: Laboratorio de Mec. De Suelos de la Univ. San Pedro

Características de Probetas Patrón

TABLA N° 05

Características de Probetas Patrón.

N°	Pesos (Kg)		Diámetro Prom.(cm)	Área Promedio(cm2)
	Luego de Desenc.	Luego de Curado		
P-01	13.316	13.377	15.03	177.42
P-02	13.277	13.352	15.10	179.08
P-03	13.433	13.494	14.97	176.01
P-04	13.000	13.150	14.97	176.01
P-05	13.254	13.400	14.98	176.24
P-06	13.348	13.500	14.96	175.77
P-07	13.414	13.471	15.07	178.37
P-08	13.379	13.443	15.13	179.79
P-09	13.325	13.383	15.10	179.08

Fuente: Laboratorio de Mec. De Suelos de la Univ. San Pedro

 **Ensayo de resistencia a la compresión del concreto**

TABLA N° 06

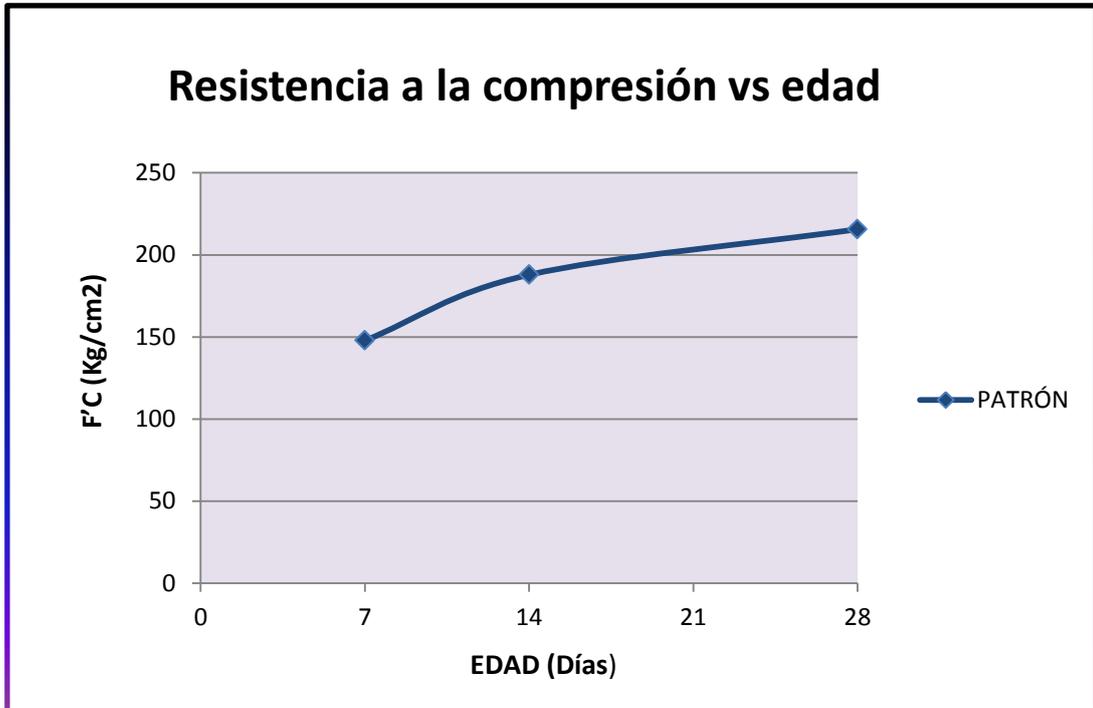
Resultados de Probetas Patrón

Patrón	Edad de Ensayo (días)	Fuerza (KgF)	Resistencia (Kg/cm²)	Resist. Prom (Kg/cm²)	FC %	FC % Prom.
P-01	7	26910	151.33	147.83	72.06	70.39
P-02	7	27100	151.67		72.22	
P-03	7	24730	140.50		66.90	
P-04	14	33570	190.73	187.87	90.82	89.46
P-05	14	32890	186.62		88.86	
P-06	14	32740	186.26		88.70	
P-07	28	39070	219.04	215.62	104.31	102.68
P-08	28	38760	215.58		102.66	
P-09	28	38010	212.25		101.07	

Fuente: Prueba de Compresión. Laboratorio de Mec. De Suelos de la Univ. San Pedro

Interpretación: De los resultados obtenidos de la prueba a la Compresión, se registra datos que alcanzaron una resistencia promedio que supera lo establecido según el RNE que es de un 60% en los primeros 7 días. Asimismo podemos apreciar que los resultados registrados a los 14 y 28 días incrementaron y superaron el 80% y 100% de lo establecido respectivamente. En conclusión se obtuvieron buenos resultados de probetas patrón.

FIGURA N° 01



Resistencia a la compresión (kg/cm²)

PROBETAS EXPERIMENTALES

Probetas con Sustitución 4%

✚ Componentes del concreto por probeta

TABLA N° 07

Componentes del concreto por Probeta Experimental (Sustitución 4%)

Material por probeta	Peso (kg)
Cemento	1.745
Ceniza del rastrojo de maíz	0.073
Arena	6.195
Piedra	6.523
Agua	1.252

Fuente: Laboratorio de Mec. De Suelos de la Univ. San Pedro

✚ Características de Probetas

TABLA N° 08

Características de Probetas Experimentales (Sustitución 4%)

N°	Pesos (Kg)		Diámetro Prom.(cm)	Área Promedio(cm2)
	Luego de Desenc.	Luego de Curado		
E-01	13.078	13.094	14.98	176.24
E-02	13.410	13.432	14.98	176.24
E-03	13.390	13.407	14.99	176.48
E-04	13.437	13.510	14.98	176.24
E-05	13.452	13.501	14.97	176.00
E-06	13.512	13.583	14.98	176.24
E-07	13.246	13.285	14.98	176.24
E-08	13.338	13.380	14.99	176.48
E-09	13.504	13.578	14.99	176.48

Fuente: Laboratorio de Mec. De Suelos de la Univ. San Pedro

 **Ensayo de resistencia a la compresión del concreto**

TABLA N° 09

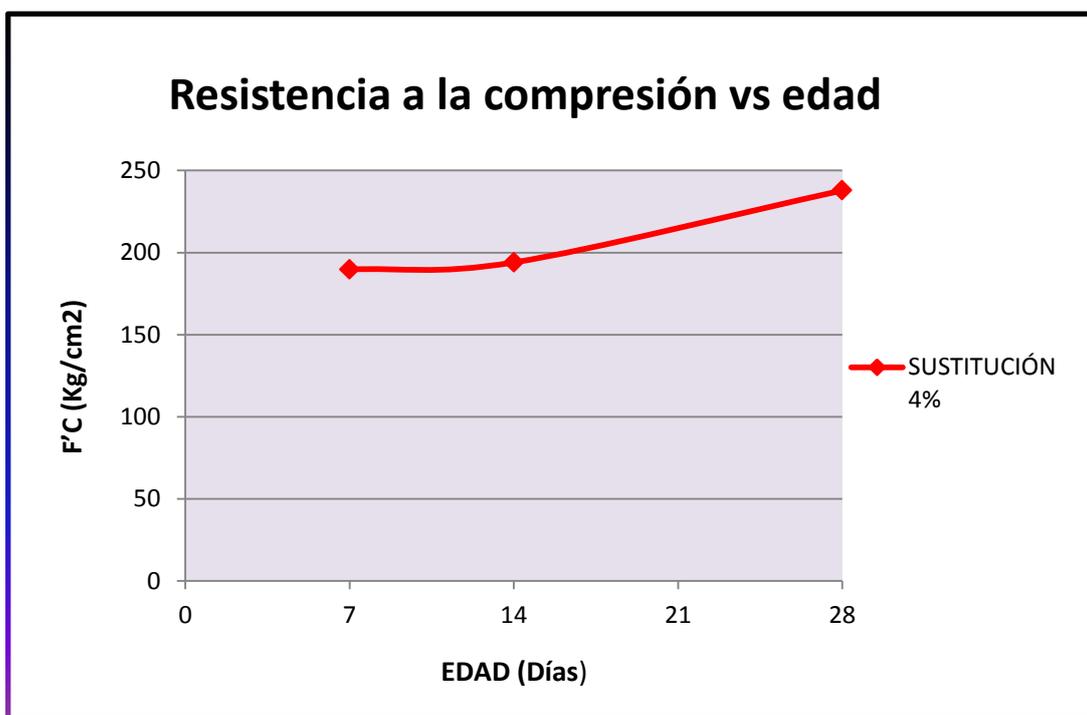
Resultados de Probetas Experimentales (Sustitución 4%)

Experim	Edad de Ensayo (días)	Fuerza (KgF)	Resistencia (Kg/cm²)	Resist. Prom (Kg/cm²)	FC %	FC % Prom.
E-01	7	32980	187.13	189.69	89.11	90.33
E-02	7	33450	189.79		90.38	
E-03	7	33910	192.15		91.50	
E-04	14	34690	196.83	194.03	93.73	92.39
E-05	14	33820	192.15		91.50	
E-06	14	34030	193.08		91.95	
E-07	28	42350	240.29	237.83	114.43	113.25
E-08	28	41950	237.70		113.19	
E-09	28	41560	235.49		112.14	

Fuente: Prueba de Compresión. Laboratorio de Mec. De Suelos de la Univ. San Pedro

Interpretación: De los resultados obtenidos de la prueba a la Compresión, se registra datos que alcanzaron una resistencia promedio que supera lo establecido según el RNE que es de un 60% en los primeros 7 días. Asimismo podemos apreciar que los resultados registrados a los 14 y 28 días incrementaron considerablemente y superaron el 80% y 100% de lo establecido respectivamente. En conclusión se obtuvieron resultados favorables de Probetas Experimentales con sustitución del 4% por ceniza del rastrojo de maíz.

FIGURA N° 02



Resistencia a la compresión (kg/cm²)
Sustitución 4% de ceniza del rastrojo de maíz

Probetas con Sustitución 6%

Componentes del concreto por probeta

TABLA N° 10

Componentes del concreto por Probeta Experimental (Sustitución 6%)

Material por probeta	Peso (kg)
Cemento	1.709
Ceniza del rastrojo de maíz	0.109
Arena	6.195
Piedra	6.523
Agua	1.252

Fuente: Laboratorio de Mec. De Suelos de la Univ. San Pedro

Características de Probetas

TABLA N° 11

Características de Probetas Experimentales (Sustitución 6%)

N°	Pesos (Kg)		Diámetro Prom.(cm)	Área Promedio(cm2)
	Luego de Desenc.	Luego de Curado		
E-01	13.580	13.617	15.13	179.79
E-02	13.500	13.531	14.96	175.77
E-03	13.320	13.356	15.03	177.42
E-04	13.425	13.469	14.98	176.24
E-05	13.575	13.610	14.97	176.01
E-06	13.428	13.465	14.97	176.01
E-07	13.320	13.335	14.99	176.47
E-08	13.423	13.430	14.97	176.01
E-09	13.405	13.419	14.98	176.24

Fuente: Laboratorio de Mec. De Suelos de la Univ. San Pedro

 **Ensayo de resistencia a la compresión del concreto**

TABLA N° 12

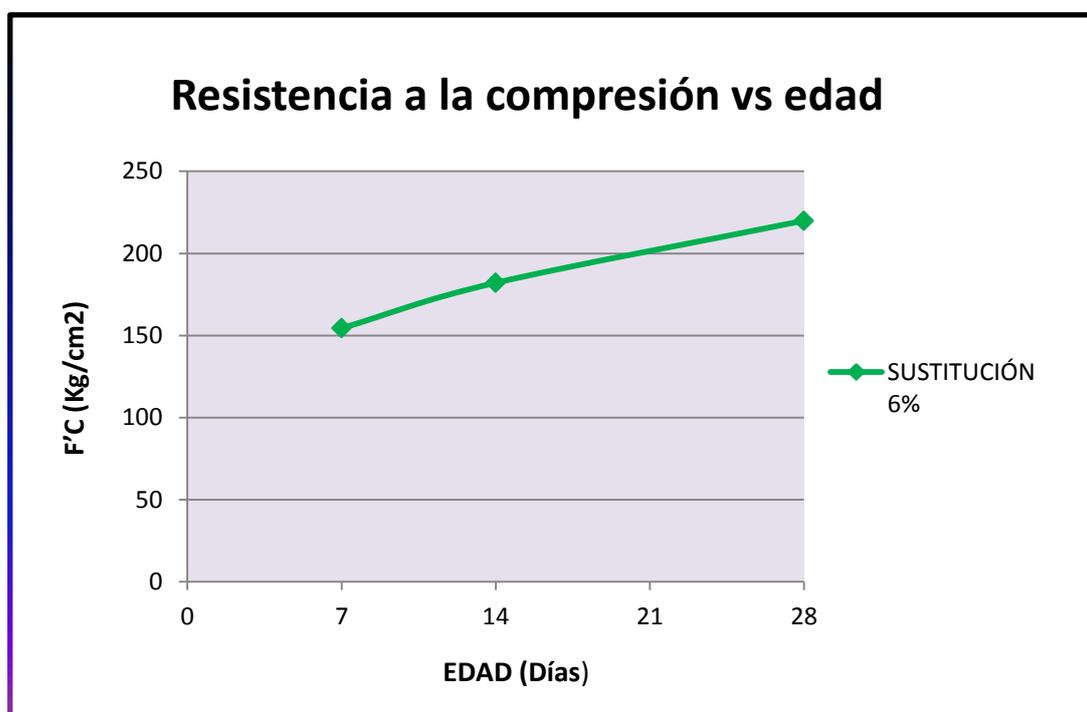
Resultados de Probetas Experimentales (Sustitución 6%)

Experim	Edad de Ensayo (días)	Fuerza (KgF)	Resistencia (Kg/cm²)	Resist. Prom (Kg/cm²)	FC %	FC % Prom.
E-01	7	28860	160.52	154.41	76.44	73.53
E-02	7	25980	147.80		70.38	
E-03	7	27480	154.88		73.75	
E-04	14	32050	181.85	182.09	86.60	86.7
E-05	14	31380	178.29		84.90	
E-06	14	32760	186.13		88.63	
E-07	28	38570	218.55	219.93	104.07	104.73
E-08	28	39150	222.43		105.92	
E-09	28	38560	218.79		104.18	

Fuente: Prueba de Compresión. Laboratorio de Mec. De Suelos de la Univ. San Pedro

Interpretación: De los resultados obtenidos de la prueba a la Compresión, se registra datos que alcanzaron una resistencia promedio que supera lo establecido según el RNE que es de un 60% en los primeros 7 días. Asimismo podemos apreciar que los resultados registrados a los 14 y 28 días incrementaron y superaron el 80% y 100% de lo establecido respectivamente. En conclusión se obtuvieron resultados favorables de Probetas Experimentales con sustitución del 6% por ceniza del rastrojo de maíz.

FIGURA N° 03



Resistencia a la compresión (kg/cm²)
Sustitución 6% de ceniza del rastrojo de maíz

Probetas con Sustitución 8%

✚ Componentes del concreto por probeta

TABLA N° 13

Componentes del concreto por Probeta Experimental (Sustitución 8%)

Material por probeta	Peso (kg)
Cemento	1.673
Ceniza del rastrojo de maíz	0.145
Arena	6.195
Piedra	6.523
Agua	1.252

Fuente: Laboratorio de Mec. De Suelos de la Univ. San Pedro

✚ Características de Probetas

TABLA N° 14

Características de Probetas Experimentales (Sustitución 8%)

N°	Pesos (Kg)		Diámetro Prom.(cm)	Área Promedio(cm2)
	Luego de Desenc.	Luego de Curado		
E-01	13.233	13.290	15.10	179.08
E-02	13.389	13.421	14.98	176.24
E-03	13.285	13.305	14.98	176.24
E-04	13.294	13.336	15.02	177.19
E-05	13.297	13.335	15.03	177.42
E-06	13.320	13.350	14.98	176.24
E-07	13.241	13.251	14.99	176.48
E-08	13.330	13.336	14.97	176.01
E-09	13.334	13.335	14.98	176.24

Fuente: Laboratorio de Mec. De Suelos de la Univ. San Pedro

 **Ensayo de resistencia a la compresión del concreto**

TABLA N° 15

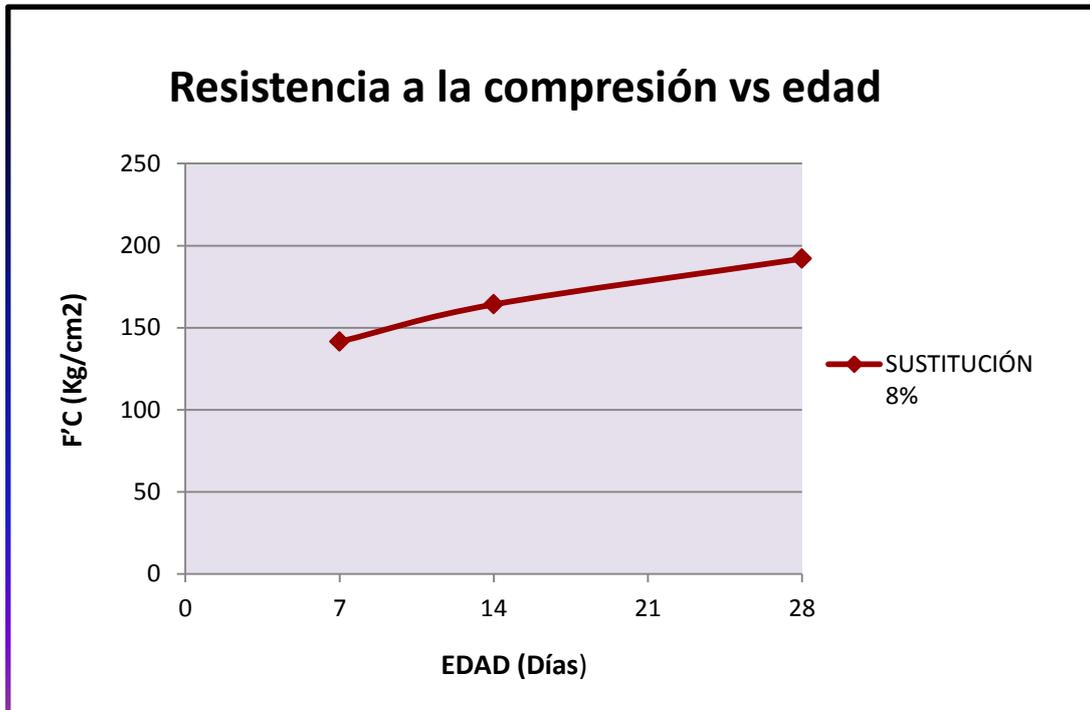
Resultados de Probetas Experimentales (Sustitución 8%)

Experim	Edad de Ensayo (días)	Fuerza (KgF)	Resistencia (Kg/cm²)	Resist. Prom (Kg/cm²)	FC %	FC % Prom.
E-01	7	25050	139.88	141.48	66.61	67.37
E-02	7	25160	142.76		67.98	
E-03	7	24990	141.79		67.52	
E-04	14	28500	160.85	164.17	76.59	78.18
E-05	14	29330	165.31		78.72	
E-06	14	29320	166.36		79.22	
E-07	28	33960	192.43	192.00	91.63	91.43
E-08	28	34160	195.08		92.42	
E-09	28	33220	188.49		89.76	

Fuente: Prueba de Compresión. Laboratorio de Mec. De Suelos de la Univ. San Pedro

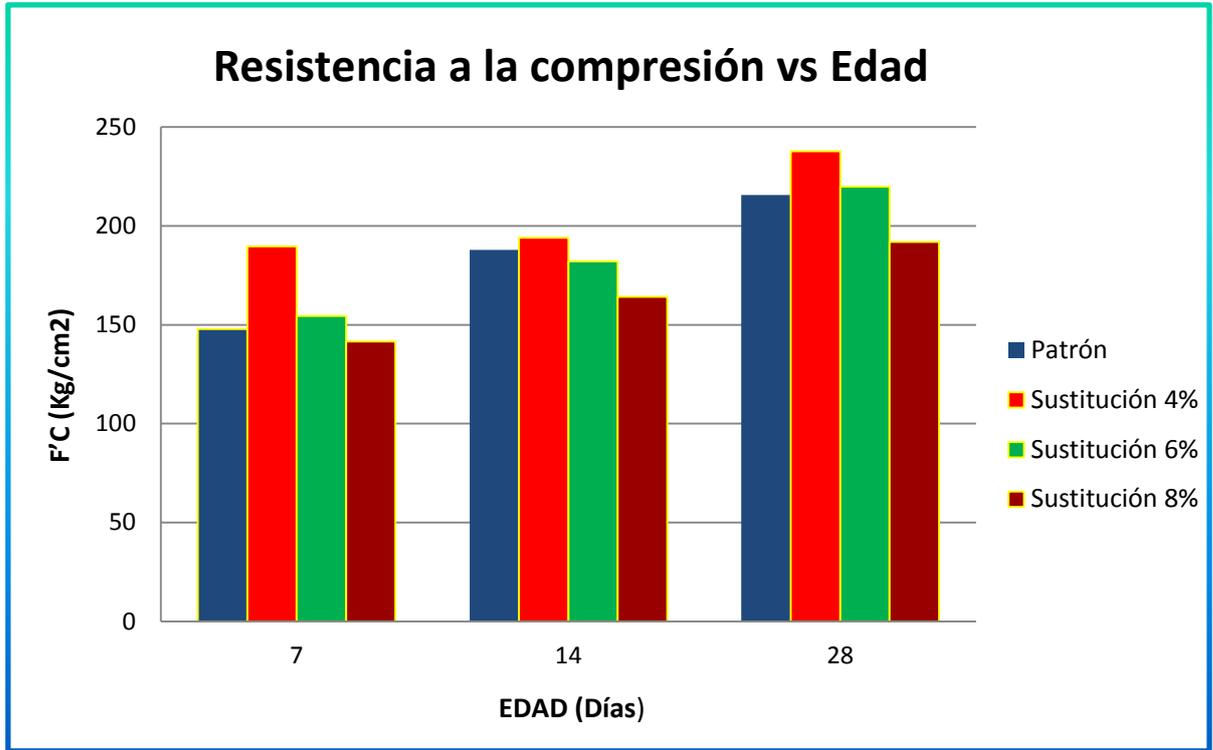
Interpretación: De los resultados obtenidos de la prueba a la Compresión, se registra datos que alcanzaron una resistencia promedio que supera lo establecido según el RNE que es de un 60% en los primeros 7 días. Por el contrario podemos apreciar que los resultados registrados a los 14 días, no cumplen con lo establecido según la norma. Asimismo a los 28 días no llega a superar el 100% de lo establecido. En conclusión no se llegó a obtener resultados favorables.

FIGURA N° 04



Resistencia a la compresión (kg/cm²)
Sustitución 8% de ceniza del rastrojo de maíz

FIGURA N° 05



Resistencia a la compresión obtenidas según probetas patrón y probetas experimentales con cenizas del rastrojo de maíz.

Interpretación: según el gráfico de barras, la resistencia a los 7,14 y 28 días se puede observar que las resistencias obtenidas de las probetas experimentales al 4% han aumentado su resistencia de manera constante según van pasando los días, de las probetas experimentales al 6% notamos un mínimo aumento de las resistencias respecto a las patrones y de las probetas al 8% han disminuido su resistencia considerablemente según van pasando los días. Se concluye que:

.Sustituyendo el 4% de cemento por cenizas del rastrojo de maíz ha mejorado la resistencia a la compresión con respecto a un patrón $F'c=210\text{Kg/cm}^2$

.Sustituyendo el 6% de cemento por cenizas del rastrojo de maíz ha mejorado en mínimo la resistencia a la compresión con respecto a un patrón $F'c=210\text{Kg/cm}^2$

.Sustituyendo el 8% de cemento por cenizas del rastrojo de maíz ha disminuido la resistencia a la compresión con respecto a un patrón $F'c=210\text{Kg/cm}^2$.

PRUEBA DE HIPÓTESIS

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (ANOVA)

Resumen de procesamiento de casos							
PROBETAS DE CONCRETO		Casos					
		Válido		Perdidos		Total	
		N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
RESISTENCIA A COMPRESIÓN	PATRON	3	100.0%	0	0.0%	3	100.0%
	EXPERIMENTAL 4%	3	100.0%	0	0.0%	3	100.0%
	EXPERIMENTAL 6%	3	100.0%	0	0.0%	3	100.0%
	EXPERIMENTAL 8%	3	100.0%	0	0.0%	3	100.0%

Descriptivos					
PROBETAS DE CONCRETO			Estadístico	Error estándar	
RESISTENCIA A COMPRESIÓN	PATRON	Media		215.6233	1.96022
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	207.1892	
			Límite superior	224.0575	
		Media recortada al 5%			
		Mediana		215.5800	
		Varianza		11.527	
		Desviación estándar		3.39521	
		Mínimo		212.25	
		Máximo		219.04	
		Rango		6.79	
		Rango intercuartil			
		Asimetría		.057	1.225
		Curtosis			
	EXPERIMENTAL 4%	Media		237.8267	1.38709
		95% de intervalo	Límite inferior	231.8585	

		de confianza para la media	Límite superior	243.7948	
		Media recortada al 5%			
		Mediana		237.7000	
		Varianza		5.772	
		Desviación estándar		2.40251	
		Mínimo		235.49	
		Máximo		240.29	
		Rango		4.80	
		Rango intercuartil			
		Asimetría		.237	1.225
		Curtosis			
	EXPERIMENTAL 6%	Media		219.9233	1.25525
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	214.5224	
			Límite superior	225.3242	
		Media recortada al 5%			
		Mediana		218.7900	
		Varianza		4.727	
		Desviación estándar		2.17415	
		Mínimo		218.55	
		Máximo		222.43	
		Rango		3.88	
		Rango intercuartil			
		Asimetría		1.708	1.225
		Curtosis			
		EXPERIMENTAL 8%	Media		191.6667
	95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	184.5319	
			Límite superior	198.8014	
	Media recortada al 5%				
	Mediana		192.4300		
	Varianza		8.249		
	Desviación estándar		2.87211		
	Mínimo		188.49		

		Máximo	194.08	
		Rango	5.59	
		Rango intercuartil		
		Asimetría	-1.112	1.225
		Curtosis		

Pruebas de normalidad							
PROBETAS DE CONCRETO		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
RESISTENCIA A COMPRESIÓN	PATRON	.176	3		1.000	3	.979
	EXPERIMENTAL 4%	.188	3		.998	3	.913
	EXPERIMENTAL 6%	.366	3		.796	3	.105
	EXPERIMENTAL 8%	.271	3		.947	3	.556

a. Corrección de significación de Lilliefors

La prueba de normalidad SW indica que se cumple el supuesto de normalidad (Estadísticos entre .905 y 1.000; gl: 3; $p > .05$)

Prueba de homogeneidad de varianzas

RESISTENCIA A COMPRESIÓN

Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
.163	3	8	.919

La prueba de homogeneidad de varianzas de Levene indica que se cumple el supuesto (Estadístico .163; gl1: 3 y gl2: 8; $p > .05$)

ANOVA

RESISTENCIA A COMPRESIÓN

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3251.336	3	1083.779	143.189	.000
Dentro de grupos	60.551	8	7.569		
Total	3311.886	11			

El ANOVA unifactorial indica que no se dio el aumento de la Resistencia de un concreto Patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, de acuerdo con la sustitución del cemento por..... (F: 143.189; $p < .05$)

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: RESISTENCIA A COMPRESIÓN

(I) PROBETAS DE CONCRETO			Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	PATRON	EXPERIMENTAL 4%	-22.20333*	2.24631	.000	-29.3968	-15.0099
		EXPERIMENTAL 6%	-4.30000	2.24631	.295	-11.4935	2.8935
		EXPERIMENTAL 8%	23.95667*	2.24631	.000	16.7632	31.1501
	EXPERIMENTAL 4%	PATRON	22.20333*	2.24631	.000	15.0099	29.3968
		EXPERIMENTAL 6%	17.90333*	2.24631	.000	10.7099	25.0968
		EXPERIMENTAL 8%	46.16000*	2.24631	.000	38.9665	53.3535
	EXPERIMENTAL 6%	PATRON	4.30000	2.24631	.295	-2.8935	11.4935
		EXPERIMENTAL 4%	-17.90333*	2.24631	.000	-25.0968	-10.7099
		EXPERIMENTAL 8%	28.25667*	2.24631	.000	21.0632	35.4501
	EXPERIMENTAL 8%	PATRON	-23.95667*	2.24631	.000	-31.1501	-16.7632
		EXPERIMENTAL 4%	-46.16000*	2.24631	.000	-53.3535	-38.9665
		EXPERIMENTAL 6%	-28.25667*	2.24631	.000	-35.4501	-21.0632

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN

PROBETAS DE CONCRETO		N	Subconjunto para alfa = 0.05		
			1	2	3
HSD Tukey ^a	EXPERIMENTAL 8%	3	191.6667		
	PATRON	3		215.6233	
	EXPERIMENTAL 6%	3		219.9233	
	EXPERIMENTAL 4%	3			237.8267
	Sig.		1.000	.295	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000.

IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En este capítulo presentaremos el análisis y discusión de los datos obtenidos en las probetas experimentales. Se analizará el aumento o disminución de las resistencias a la compresión. Destacaremos especialmente los aspectos que han influido significativamente en la mejora y debilitamiento de las resistencias, ofreciendo las posibles razones que han podido dado lugar a dichos resultados.

PROBETAS PATRÓN

7 DIAS		
Patrón	F'c (Kg/cm ²)	F'c Prom. (Kg/cm ²)
P-01	151.33	147.83
P-02	151.67	
P-03	140.50	

14 DIAS		
Patrón	F'c (Kg/cm ²)	F'c Prom. (Kg/cm ²)
P-04	190.73	187.87
P-05	186.62	
P-06	186.27	

28 DIAS		
Patrón	F'c (Kg/cm ²)	F'c Prom. (Kg/cm ²)
P-07	219.04	215.62
P-08	215.58	
P-09	212.25	

Se registra datos que alcanzaron una resistencia promedio que supera lo establecido según el RNE que es de un 60% en los primeros 7 días. Asimismo podemos apreciar que los resultados registrados a los 14 y 28 días incrementaron y superaron el 80% y 100% de lo establecido respectivamente. En conclusión se obtuvieron buenos resultados de probetas patrón.

COMPARACIÓN DE LOS COMPONENTES QUÍMICOS DE LA SUSTITUCION (CENIZAS DEL RASTROJO DE MAIZ) Y EL CEMENTO

COMPOSICIÓN QUÍMICA		RESULTADO (%)	Oxido Componente	Porcentaje Típico
CENIZA DEL RASTROJO DE MAIZ			CEMENTO PORTLAND	
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	34,212		CaO	58% - 67%
Óxido de Potasio (K ₂ O)	32,158		SiO ₂	16% - 26%
Óxido de Magnesio (MgO)	13,745		Al ₂ O ₃	4% - 8%
Óxido de Calcio (CaO)	8,311		Fe ₂ O ₂	2% - 5%
Pentóxido de Fósforo (P ₂ O ₅)	4,935		SO ₃	0.1% - 2.5%
Trióxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	3,695		MgO	1% - 5%
Trióxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	2,520		K ₂ O y Na ₂ O	0% - 1%
Óxido de Manganeso (MnO)	0,168		Mn ₂ O ₃	0% - 3%
Trióxido de Azufre (SO ₃)	0,121		TiO ₂	0% - 0.5%
Cloruros (Cl)	0,091		P ₂ O ₅	0% - 1.5%
Óxido de Cobre (CuO)	0,032			
Óxido de Zinc (ZnO)	0,012			

Se puede observar que la ceniza del rastrojo de maíz tiene un alto contenido de Dióxido de Silicio (SiO₂) que es del 34,212%, mientras que en el cemento Portland está en el intervalo de 16% - 26%.

Notamos que el contenido de SiO₂ en la sustitución es mayor a la del cemento portland.

Asimismo vemos que la sustitución tiene un de 8,311% de Oxido de Calcio (CaO), mientras que en el cemento portland está en un rango de 58% - 67%.

El contenido de CaO en la sustitución es baja comparada con la del cemento Portland.

Comparando el porcentaje de Trióxido de Aluminio (Al₂O₃) vemos que se asemejan mucho. Es decir tienen aproximadamente el mismo contenido de Al₂O₃.

PROBETAS EXPERIMENTALES

Probetas con Sustitución 4%

7 DIAS		
Experím.	F' C (Kg/cm ²)	F'' C Prom. (Kg/cm ²)
E-01	187.13	189.69
E-02	189.80	
E-03	192.15	

14 DIAS		
Experím.	F' C (Kg/cm ²)	F'' C Prom. (Kg/cm ²)
E-04	196.83	194.03
E-05	192.16	
E-06	193.09	

28 DIAS		
Experím.	F' C (Kg/cm ²)	F'' C Prom. (Kg/cm ²)
E-07	240.30	237.83
E-08	237.70	
E-09	235.50	

Se registra datos que alcanzaron una resistencia promedio que supera considerablemente lo establecido según el RNE que es de un 60% en los primeros 7 días, un 80% a los 14 días y un 100% a los 28 días. En conclusión, se obtuvieron resultados favorables.

Probetas con Sustitución 6%

7 DIAS		
Experím.	F' C (Kg/cm ²)	F'' C Prom. (Kg/cm ²)
E-01	160.52	154.41
E-02	147.81	
E-03	154.89	

14 DIAS		
Experím.	F' C (Kg/cm ²)	F'' C Prom. (Kg/cm ²)
E-04	181.85	182.09
E-05	178.29	
E-06	186.13	

28 DIAS		
Experim.	F' C (Kg/cm2)	F'' C Prom. (Kg/cm2)
E-07	218.56	219.93
E-08	222.43	
E-09	218.79	

Se registra datos que alcanzaron una resistencia promedio que supera lo establecido según el RNE que es de un 60% en los primeros 7 días. Asimismo podemos apreciar que los resultados registrados a los 14 y 28 días incrementaron y superaron el 80% y 100% de lo establecido respectivamente.

Esta sustitución es aplicable ya que genero resultados de resistencia con un incremento considerable respecto a la mezcla patrón, incremento en un 2.05%.

Probetas con Sustitución 8%

7 DIAS		
Experim.	F' C (Kg/cm2)	F'' C Prom. (Kg/cm2)
E-01	139.88	141.48
E-02	142.76	
E-03	141.80	

14 DIAS		
Experim.	F' C (Kg/cm2)	F'' C Prom. (Kg/cm2)
E-04	160.84	164.17
E-05	165.31	
E-06	166.36	

28 DIAS		
Experim.	F' C (Kg/cm2)	F'' C Prom. (Kg/cm2)
E-07	192.43	192.00
E-08	195.08	
E-09	188.49	

Se registra datos que alcanzaron una resistencia promedio que supera lo establecido según el RNE que es de un 60% en los primeros 7 días. Por el contrario podemos apreciar que los resultados registrados a los 14 días, no cumplen con lo establecido según la norma. Asimismo a los 28 días no llega a superar el 100% de lo establecido. En conclusión no se llegó a obtener resultados favorables.

PORCENTAJE ÓPTIMO DE SUSTITUCIÓN

El porcentaje óptimo de sustitución fue el de 4%, ya que se obtuvo un incremento a la resistencia a la compresión de 10.57% en función a la mezcla patrón.

Una de las posibles razones que han dado lugar a este resultado, es debido al alto contenido de SiO₂ en la sustitución, es decir, que sobrepasa al contenido de este componente en el cemento.

Se puede deducir que de las 3 sustituciones (4%, 6% y 8%), el 4% fue el óptimo ya que fue el menor porcentaje de sustitución, es decir, notamos que a mayor porcentaje de sustitución la resistencia disminuye es por eso que al sustituir el 8% la resistencia bajo considerablemente.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

La extracción manual de las hojas de maíz en un sembradío no es favorable para la obtención de grandes cantidades de material, debido a lo arduo que puede llegar ser el proceso. Es necesario desarrollar un método de mayor eficiencia.

En el prequemado, se pudo analizar que por cada 20 plantas de hojas de maíz se obtuvo 175 gr. de ceniza; es decir, por cada planta de hoja de maíz se obtenía 8.75 gr. de ceniza.

La relación de peso de ceniza obtenida de la calcinación a 350° respecto al peso de la ceniza antes de ser calcinada fue de 1 : 1.15.

El PH obtenido de la ceniza de rastrojo de maíz fue de 10.61. El PH obtenido del cemento con la sustitución del 4%, 6% y 8% de ceniza de rastrojo de maíz fue 13.44, 13,64 y 14,44 respectivamente acercándose al PH del cemento (12.3), dándonos un PH comprendido en el rango de material cementante.

Al realizar los análisis de fluorescencia de rayos “x” se obtuvieron los siguientes óxidos principales en porcentajes: SiO₂ (34.212%), CaO (8.311%), Al₂O₃ (3.695%), Fe₂O₃ (2.52%); apreciando un alto porcentaje de Silicio el cual es un elemento favorable para la resistencia del concreto. Asimismo podemos decir que no es un material cementante ya que la suma de los óxidos principales no es mayor o igual a 70%.

El porcentaje óptimo de sustitución de cemento por ceniza del rastrojo de maíz es de 4%, debido a que se obtuvo un incremento en la resistencia a la compresión de 10.57% en función de la mezcla patrón

El peso específico de la ceniza del rastrojo de maíz es de 3.3, semejante al peso específico del cemento que es de 3.12.

El Asentamiento obtenido en el cono de Abrams se vio disminuido en la medida en que se adiciona ceniza, es decir, a mayor porcentaje de ceniza

RECOMENDACIONES

Realizar un estudio más detallado a la ceniza del rastrojo de maíz.

La viabilidad de aplicación de esta tecnología se ve afectada por la dificultad de obtención de la ceniza, por tanto, hasta q se establezca un método que facilite este proceso no podría aplicarse en proyectos de gran envergadura, se recomienda únicamente su uso a pequeña escala en comunidades rurales asociadas a la producción de maíz.

Realizar ensayos a probetas de concreto patrón y experimental a compresión a las edades de 60 y 90 días.

Finalmente se destaca que esta investigación no agota el tema, solo da una importante apertura al desarrollo de materiales alternativos de construcción, por lo que se invita a continuar profundizando en esta línea investigativa, para lograr mayores avances en esta tecnología.

VI. AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios, fuente inagotable de mis fortalezas en este camino que se llama “vida” además ya que sin él nada sería posible, gracias a la vida porque cada día me demuestra lo hermosa que es y lo justa que puede llegar a ser, a mi madre Teresa del Rosario Solis Merino por sus esfuerzos impresionantes, su amor incalculable y su apoyo incondicional, gracias por creer en mí, a mi padre por ser una inspiración única e importante y que desde el cielo me bendice, a mi asesor por haberme orientando y brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento durante el desarrollo de la tesis.

VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- **TESIS Y GUIA:**

Copeland & Schulz (1962). *Hidratación, tiempo de fraguado y endurecimiento del Concreto*.

Fernández, R. (2009). *Evaluación de concretos puzolanicos elaborados con contenido ceniza de hoja de maíz para uso estructural*. Tesis para optar por el Título de Ingeniería Civil.

Gonzales, M., (1962). *Tecnología Del Concreto Diseño De Mezclas*. Lima – Perú.

Kosmatka (1994). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. Estados Unidos.

Osorio, J. (2013). *Resistencia mecánica del concreto y resistencia a la compresión*, Colombia.

Yepez, V. (2012). *Caracterización química y reactividad de la ceniza de caña común y planta de maíz, para su uso como adición puzolánica en morteros y hormigones*. Titulo para Master Universitario en Ingeniería del Hormigón.

- **DOCUMENTOS Y LIBROS:**

Águila, I. & Sosa, M (2008). “*Evaluación físico químico de cenizas de cascarilla de arroz, bagazo de caña y hoja de maíz y su influencia en mezclas de mortero*”

Campos, F. (2009), *Elementos Inertes dentro del Concreto*

Gallegos, C. (2005). *Albañilería Estructural*. Pontifica

Gonzales, M. (1962), "*Tecnología Del Concreto Diseño De Mezclas*

Guerrero, M. (1984), “*Cenizas volantes en el hormigón*”.

Jiménez, J. (2008), H. "*Tecnología del concreto*".

Juárez E. (2005). “*Mecánica de Suelos I*” : Fundamentos de la Mecánica de Suelos”.

Mehta, P.K., “*Pozzolanic and Cementitious By – Products as Mineral Admixtures for Concrete*”, *ACI SP-79 (Editor: V.M Malhotra)*, 1983, pp 1-46.

Neville, E. (1999) México: *Tecnología del concreto*, Instituto Mexicano de Cemento y Concreto A.C.

Osorio, J. (2013,26 de junio). “*Resistencia mecánica del concreto y resistencia a la compresión*”

Pasquel, A. (1992), *tópicos de tecnología del concreto en el Perú*.

Powers, S. (1932) & Scanlon, M. (1994) del American Concrete Institute (ACI).

Rivera, L. (2010), "*Concreto Simple*"

Sánchez, D. (2001), "*Tecnología Del Concreto Y Del Mortero*", Colombia: Bhandar Editores.

VIII. APÉNDICES Y ANEXOS

ANEXO N° 01

Espectrometría de
Fluorescencia de Rayos X



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE CIENCIAS

LABICER (Laboratorio N° 12)

ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN



INFORME TÉCNICO N° 1882 – 16 – LAB. 12

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
 - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : ERICK ANTHONY VALVERDE SOLIS
 - 1.2 D.N.I : 70757769
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
 - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 07 / 12 / 2016
 - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 12 / 12 / 2016
 - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 13 / 12 / 2016
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA**
 - 4.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE CENIZA DEL RASTROJO DE MAÍZ
 - 4.2 TESIS : "RESISTENCIA DE UN CONCRETO F'c=210 Kg/cm² CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN 4%, 6% Y 8% POR CENIZA DEL RASTROJO DE MAÍZ"
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO N°12 - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 23 °C; Humedad relativa: 66%
7. **EQUIPO UTILIZADO** : Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X, SHIMADZU, EDX 800-HS.
8. **RESULTADOS**
- 8.1 **COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADA COMO ÓXIDOS**



COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	34,212	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X
Óxido de Potasio (K ₂ O)	32,158	
Óxido de Magnesio (MgO)	13,745	
Óxido de Calcio (CaO)	8,311	
Pentóxido de Fósforo (P ₂ O ₅)	4,935	
Trióxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	3,695	
Trióxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	2,520	
Óxido de Manganeso (MnO)	0,168	
Trióxido de Azufre (SO ₃)	0,121	
Cloruros (Cl)	0,091	
Óxido de Cobre (CuO)	0,032	
Óxido de Zinc (ZnO)	0,012	

El porcentaje de error del equipo es de ±0.02

8.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADA COMO ELEMENTOS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Silicio (Si)	44,365	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X
Potasio (K)	16,852	
Calcio (Ca)	14,685	
Magnesio (Mg)	8,108	
Fosforo (P)	4,537	
Cloruros (Cl)	4,325	
Aluminio (Al)	3,21	
Hierro (Fe)	1,895	
Azufre (S)	1,685	
Manganeso (Mn)	0,248	
Cobre (Cu)	0,058	
Zinc (Zn)	0,032	

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

9 VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

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

Bach. Jesús Utano Reyes
Analista Químico
LABICER – UNI



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

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

ANEXO



Figura 1. Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X



Figura 2. Muestra de ceniza ceniza del rastrojo de maíz, colocada en el portamuestras



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



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



ANEXO N° 02

Análisis Térmico
Diferencial (ATD)

Trujillo, 24 de Octubre del 2016

INFORME N° 01 – OCT - 16

Solicitante: Erick Valverde Solis – Universidad San Pedro – Chimbote

RUC/DNI:

Supervisor:

1.- MUESTRA: Ceniza del rastrojo de maíz (1 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de Muestra Ensayada	Procedencia
1	CR-01S	20.9 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 E703. ASTM D3895 ASTM D3417, ASTM D3418. DIM 51004. DIN 51007, DIN 53795.
- Tasa de calentamiento: 20°C/min
- Gas de Trabajo – Flujo: Nitrógeno. 10ml/min.
- Rango de Trabajo: 25 – 900°C.
- Masa de Muestra analizada: 20.9 mg.

Jefe de Laboratorio:

Ing. Danny Chávez Novoa

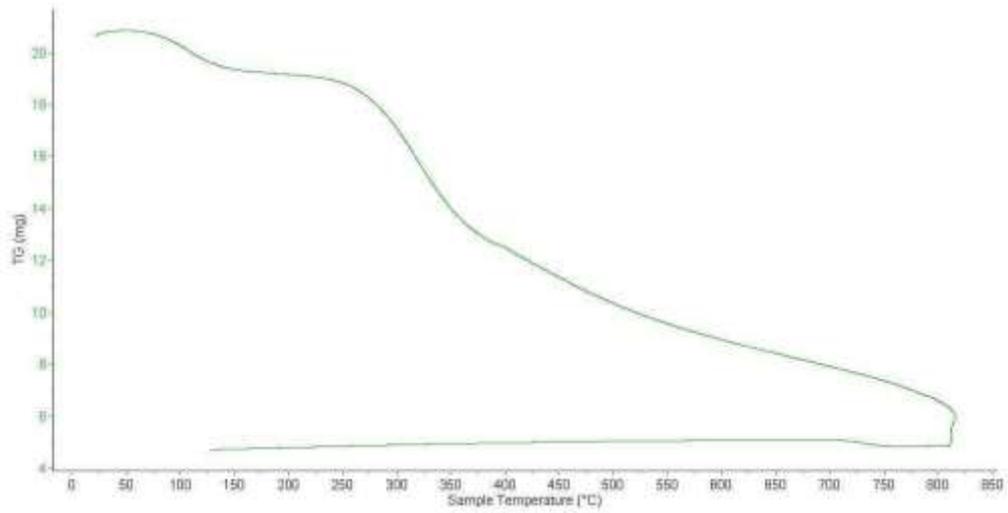
Analista Responsable:

Ing. Danny Chávez Novoa

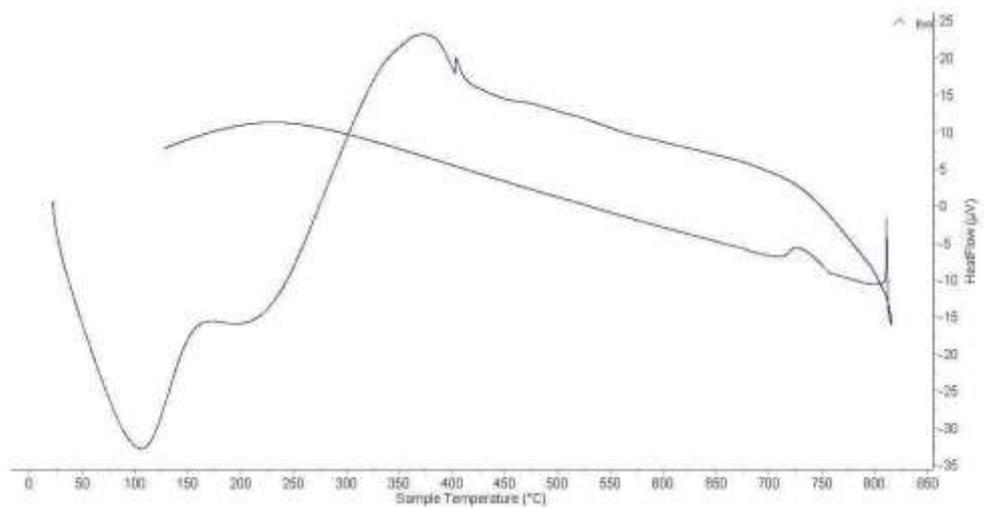
Trujillo, 24 de Octubre del 2016

4.- Resultados:

I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico



II- Curva Calorimétrica DSC



Trujillo, 24 de Octubre del 2016

INFORME N° 01 – OCT – 16

5.- CONCLUSIÓN:

- 1- Según el análisis Termo gravimétrico se percibe dos (2) importantes pérdidas de masa en la muestra. La primera cerca de 90° C y la segunda en torno a 260°.
- 2- De acuerdo al análisis calorimétrico la curva muestra un (1) pico endotérmico a aproximadamente 100° C y un (1) pico exotérmico en torno a 370°.

Trujillo, 24 de octubre del 2016.




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

ANEXO N° 03

Alcalinidad (PH)



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° 201705010-003

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : ERICK ANTHONY VALVERDE SOLIS.
DIRECCIÓN : Av. Aviacion Psj 2 De Mayo 169 Chimbote.
PRODUCTO DECLARADO : ABAJO INDICADOS.
CANTIDAD DE MUESTRA : 02 muestras
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En bolsa de polietileno cerrada.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2017-05-10
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2017-05-10
FECHA DE TERMINO DEL ENSAYO : 2017-05-11
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio de Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI : SS 170510-3

RESULTADOS

“RESISTENCIA DE UN CONCRETO F'c =210Kg/cm² CON SUSTITUCION DE CEMENTO EN 4%, 6% Y 8%XCENIZA DE RASTROJO DE MAIZ”

MUESTRA	ENSAYOS
	pH
Ceniza de rastrojo de Maiz (CM)	10,61
Cemento 96% + CM 4%	13,44

METODOLOGÍA EMPLEADA

pH : Potenciométrico.

NOTA:

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

Fecha de Emisión: Nueva Chimbote, Mayo 11 del 2017.

DVY/jms

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

LC-MP-HRIE
Rev. 04
Fecha 2015-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
SIN LA AUTORIZACION ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

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



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS
CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

“COLECBI” S.A.C.

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

INFORME DE ENSAYO N° 201705010-003

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR	ERICK ANTHONY VALVERDE SOLIS.
DIRECCIÓN	Av. Aviación Paj 2 De Mayo 169 Chimbote.
PRODUCTO DECLARADO	ABAJO INDICADOS.
CANTIDAD DE MUESTRA	02 muestras
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	En bolsa de polietileno cerrada.
FECHA DE RECEPCIÓN	2017-05-10
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	2017-05-10
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO	2017-05-11
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	En buen estado
ENSAYOS REALIZADOS EN	Laboratorio de Físico Químico
CÓDIGO COLECBI	SS 170510-3

RESULTADOS
RESISTENCIA DE UN CONCRETO F'c = 210kg/cm² CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN 4%, 6% Y 8% CENIZA DE RASTROJO DE MAÍZ

MUESTRA	ENSAYOS
	pH
Cemento 94% + CM 6%	13.64
Cemento 92% + CM 8%	14.64

METODOLOGÍA EMPLEADA

pH : Potenciométrico.

NOTA:

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

Fecha de Emisión: Noventa Chimbote, Mayo 11 del 2017.

DVY/jms

Denis M. Vargas Yepes
Jefe de Laboratorio
Físico Químico
COLECBI S.A.C.

LC-6P-HRIE
Rev. 04
Fecha 2015-11-30

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

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

ANEXO N° 04

Ensayos de Laboratorio



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

DISEÑO DE MEZCLA

SOLICITA : BACH. VALVERDE SOLIS ERICK ANTHONY
 TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO F'c=210 KG/CM2 CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN 4%, 6% Y 8% POR CENIZA DEL RASTROJO DE MAÍZ
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
 FECHA : 27/12/2016

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm², a los 28 días.

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso especifico 3.12

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

CANTERA : VESIQUE

- Peso especifico de masa 2.72
- Peso unitario suelto 1534 kg/m³
- Peso unitario compactado 1724 kg/m³
- Contenido de humedad 0.35 %
- Absorción 0.40 %
- Módulo de fineza 2.96

D.- Agregado grueso

CANTERA : RUBEN

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 1"
- Peso especifico de masa 2.88
- Peso unitario suelto 1465 kg/m³
- Peso unitario compactado 1543 kg/m³
- Contenido de humedad 0.33 %
- Absorción 0.41 %





USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

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

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1" , el volumen unitario de agua es de 193 lt/m³ .

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

FACTOR DE CEMENTO

F.C. : $193 / 0.684 = 282.16 \text{ kg/m}^3 = 6.64 \text{ bolsas / m}^3$

VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS

Cemento.....	282.164 kg/m ³
Agua efectiva.....	194.260 lts/m ³
Agregado fino.....	961.282 kg/m ³
Agregado grueso.....	1012.265 kg/m ³

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{282.16}{282.16} : \frac{961.282}{282.16} : \frac{1012.27}{282.16}$$

$$1 : 3.41 : 3.59 : 29.26 \text{ lts / bolsa}$$

PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$1 : 3.32 : 3.66 : 29.26 \text{ lts / bolsa}$$



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

DISEÑO DE MEZCLA
(SUSTITUCIÓN 4% DE CEMENTO)

SOLICITA: BACH VALVERDE SOLIS ERIK ANTHONY
 TESIS: RESISTENCIA DE UN CONCRETO F'c=210 kg/cm² CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN 4%, 8% Y 16%
 POR CENIZA DEL RASTROJO DE MAÍZ
 LUGAR: CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 FECHA: 17/12/2018

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el método del ACI
- La resistencia en compresión de diseño promedio = 210 kg/cm², a los 28 días.

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso específico 3.12

B.- Ceniza del rastrojo de maíz :

- Peso específico 3.36

C.- Agua :

- Potable, de la zona.

D.- Agregado Fino :

CANTERA : VESIQUE

- Peso específico de masa 2.72
- Peso unitario suelto 1534 kg/m³
- Peso unitario compactado 1724 kg/m³
- Contenido de humedad 0.35 %
- Absorción 0.40 %
- Módulo de fineza 2.96

E.- Agregado grueso

CANTERA : RUBEN

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 1"
- Peso específico de masa 2.88
- Peso unitario suelto 1465 kg/m³
- Peso unitario compactado 1543 kg/m³
- Contenido de humedad 0.33 %
- Absorción 0.41 %





USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

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

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4", sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1", el volumen unitario de agua es de 193 lt/m³.

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m ³)	0.087
Ceniza del rastrojo de maíz sustitución por volumen de cemento.....	(m ³)	0.004
Agua efectiva.....	(m ³)	0.193
Agregado fino.....	(m ³)	0.352
Agregado grueso.....	(m ³)	0.350
Aire.....	(m ³)	0.015
		1.000 m³

PESOS SECOS

Cemento.....	270.877 kg/m ³
Ceniza del rastrojo de maíz.....	11.2860 kg/m ³
Agua efectiva.....	193.000 lts/m ³
Agregado fino.....	957.958 kg/m ³
Agregado grueso.....	1008.90 kg/m ³

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	270.877 kg/m ³
Ceniza del rastrojo de maíz.....	11.2860 kg/m ³
Agua efectiva.....	194.260 lts/m ³
Agregado fino.....	961.282 kg/m ³
Agregado grueso.....	1012.27 kg/m ³

PROPORCIONES EN PESO

$\frac{270.88}{270.88}$	$\frac{11.286}{270.88}$	$\frac{961.28}{270.88}$	$\frac{1012.27}{270.88}$	
1	0.04	3.55	3.74	30.479 lts / bolsa



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



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

DISEÑO DE MEZCLA
(SUSTITUCIÓN 6% DE CEMENTO)

SOLICITA BACH. VALVERDE SOLIS ERICK ANTHONY
TEMA RESISTENCIA DE UN CONCRETO F'c=210 KG/CM² CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN 4%, 6% Y 8%
POR CENIZA DEL RASTROJO DE MAÍZ
LUGAR CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASSH
FECHA 23/11/2018

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el método del ACI
- La resistencia en compresión de diseño promedio 210 kg/cm², a los 28 días.

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso específico 3.12

B.- Ceniza del rastrojo de maíz :

- Peso específico 3.30

C.- Agua :

- Potable, de la zona.

D.- Agregado Fino :

CANTERA : VESIQUE

- Peso específico de masa 2.72
- Peso unitario suelto 1534 kg/m³
- Peso unitario compactado 1724 kg/m³
- Contenido de humedad 0.35 %
- Absorción 0.40 %
- Módulo de finiza 2.96

E.- Agregado grueso

CANTERA : RUBEN

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 1"
- Peso específico de masa 2.88
- Peso unitario suelto 1465 kg/m³
- Peso unitario compactado 1543 kg/m³
- Contenido de humedad 0.33 %
- Absorción 0.41 %





USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

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

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4", sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1", el volumen unitario de agua es de 193 l/m³.

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m ³)	0.085
Ceniza del rastrojo de maíz sustitución por volumen de cemento.....	(m ³)	0.005
Agua efectiva.....	(m ³)	0.193
Agregado fino.....	(m ³)	0.352
Agregado grueso.....	(m ³)	0.350
Aire.....	(m ³)	0.015
		1.000 m³

PESOS SECOS

Cemento.....	265.234 kg/m ³
Ceniza del rastrojo de maíz.....	16.9290 kg/m ³
Agua efectiva.....	193.000 lts/m ³
Agregado fino.....	957.958 kg/m ³
Agregado grueso.....	1008.90 kg/m ³

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	265.234 kg/m ³
Ceniza del rastrojo de maíz.....	16.9290 kg/m ³
Agua efectiva.....	194.260 lts/m ³
Agregado fino.....	961.282 kg/m ³
Agregado grueso.....	1012.27 kg/m ³

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{265.23}{265.23} : \frac{16.929}{265.23} : \frac{961.28}{265.23} : \frac{1012.27}{265.23}$$

$$1 : 0.06 : 3.62 : 3.82 \quad 31.127 \text{ lts / bolsa}$$



UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Profesional de Ingeniería de San Pedro de los Rios

Ing. Jorge Montañez Reyes

JEFE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

DISEÑO DE MEZCLA (SUSTITUCION 8% DE CEMENTO)

SOLICITA: BACH VAL VERDE-SOLIS ERICK ANTHONY
 TESIS: RESISTENCIA DE UN CONCRETO FIC-210 (KICOM) CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN 4%, 6% Y 8%
 POR CENIZA DEL RASTROJO DE MAÍZ
 LUGAR: CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 FECHA: 27/12/2018

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el método del ACI
- La resistencia en compresión de diseño promedio 210 kg/cm², a los 28 días

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo 1 "Pacasmayo"
- Peso específico 3.12

B.-Ceniza del rastrojo de maíz :

- Peso específico 3.38

C.- Agua :

- Potable, de la zona.

D.-Agregado Fino :

CANERA : VESIQUE

- Peso específico de masa 2.72
- Peso unitario suelto 1534 kg/m³
- Peso unitario compactado 1724 kg/m³
- Contenido de humedad 0.35 %
- Absorción 0.40 %
- Módulo de finza 2.96

E.- Agregado grueso

CANERA : RUBEN

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 1"
- Peso específico de masa 2.86
- Peso unitario suelto 1465 kg/m³
- Peso unitario compactado 1543 kg/m³
- Contenido de humedad 0.33 %
- Absorción 0.41 %





USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

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

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de $3'' \pm 4''$, sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de $1''$, el volumen unitario de agua es de 193 l/m^3 .

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m ³)	0.083
Ceniza del rastrojo de maíz sustitución por volumen de cemento.....	(m ³)	0.007
Agua efectiva.....	(m ³)	0.193
Agregado fino.....	(m ³)	0.352
Agregado grueso.....	(m ³)	0.350
Aire.....	(m ³)	0.015
		1.000 m³

PESOS SECOS

Cemento.....	259.590 kg/m ³
Ceniza del rastrojo de maíz.....	22.5730 kg/m ³
Agua efectiva.....	193.000 lts/m ³
Agregado fino.....	957.958 kg/m ³
Agregado grueso.....	1008.90 kg/m ³

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	259.590 kg/m ³
Ceniza del rastrojo de maíz.....	22.5730 kg/m ³
Agua efectiva.....	194.260 lts/m ³
Agregado fino.....	961.282 kg/m ³
Agregado grueso.....	1012.27 kg/m ³

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{259.59}{259.59} : \frac{22.573}{259.59} : \frac{961.28}{259.59} : \frac{1012.27}{259.59}$$

$$1 : 0.09 : 3.70 : 3.90 \quad 31.804 \text{ lts / bolsa}$$

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



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

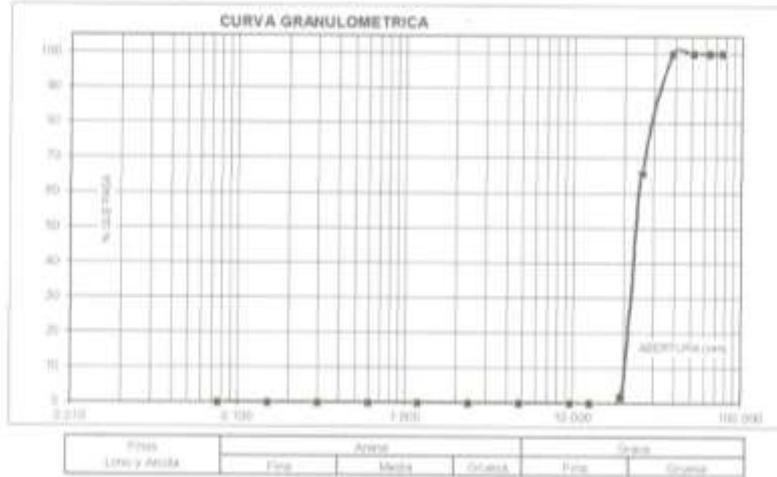
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO
(ASTM C 136-06)

SOLICITA: BACH. VALERIO SOLÍS ERIC ANTHONY
 TESIS: RESISTENCIA DE UN CONCRETO F'c=28 MPa CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN 4%, 8% Y 8%
 POR CENIZA DEL PASTOJO DE MAÍZ
 LUGAR: CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCAKSH
 CARRERA: RUBEN
 MATERIAL: PIEDRA CUYANACA
 FECHA: 27/12/2018

TRAMO	Peso (g)	Peso (g)	% Ret. (Fracción)	% Ret. (Acum.)	% Que pasa
12"	2000 (1000)	0.0	0.0	0.0	100.0
3"	75.200	0.0	0.0	0.0	100.0
2.5"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	52.800	0.0	0.0	0.0	100.0
1.5"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	400.0	34.3	34.3	65.7
3/4"	19.500	100.0	43.9	78.2	21.8
3/8"	12.500	21.8	1.0	79.2	20.8
3/16"	6.300	0.0	0.0	79.2	20.8
Nº 20	4.750	0.0	0.0	79.2	20.8
Nº 30	3.350	0.0	0.0	79.2	20.8
Nº 40	2.500	0.0	0.0	79.2	20.8
Nº 50	1.900	0.0	0.0	79.2	20.8
Nº 60	1.180	0.0	0.0	79.2	20.8
Nº 75	0.850	0.0	0.0	79.2	20.8
Nº 100	0.750	0.0	0.0	79.2	20.8
Nº 200	0.075	0.0	0.0	79.2	20.8
PLATO	ASTM C 114.04	0	0.0	79.2	20.8
TOTAL		1180.0	100.0		

PROFESIONES FORJAS	
Tamaño Máximo Nominal	3"
Plano	Nº 5
	UNE (ASTM C-33)

OBSERVACIONES	
La muestra tomada es representativa por el laboratorio.	



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



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

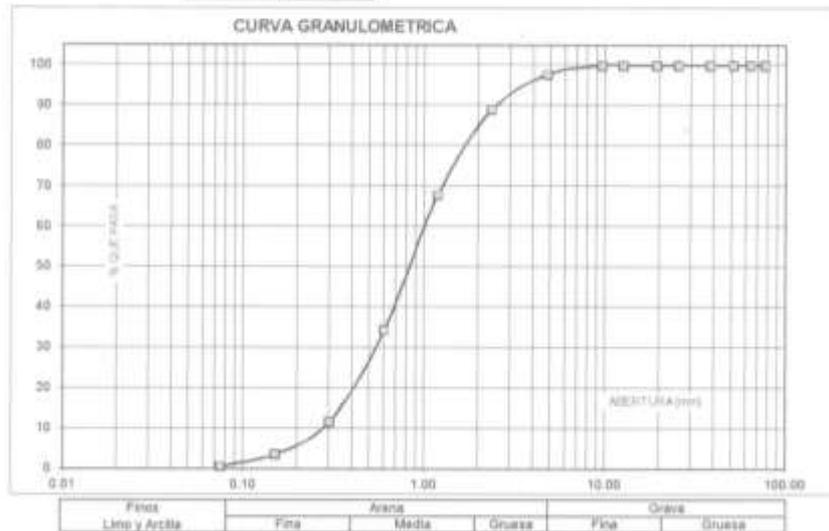
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO
(ASTM C 136-06)**

SOLICITA : BACH VALVERDE SOLIS ERICK ANTHONY
 TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO F'c=210 KG/CM2 CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN 4%, 6% Y 8%
 POR CENIZA DEL RASTROJO DE MAÍZ
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 CANTERA : VESIQUE
 MATERIAL : ARENA GRUESA
 FECHA : 27/12/2016

TAMIZ	Peso retenido (gr.)	% ret. Parcial (%)	% ret. Acum. (%)	% Que pasa (gr.)
N° 3"	76.20	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	62.50	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	36.10	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	100.0
3/8"	12.50	0.0	0.0	100.0
3/16"	9.52	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.76	14.5	2.3	97.7
N° 5	2.36	64.5	6.7	93.3
N° 10	1.18	134.0	21.3	78.7
N° 20	0.60	211.5	32.8	67.2
N° 40	0.30	141.5	22.5	77.5
N° 60	0.15	51.0	8.1	91.9
N° 100	0.08	19.0	3.0	97.0
PLATO ASTM C-117.06	4	0.6	100.0	0.0
TOTAL	636.0	100.0		

PROPIEDADES FÍSICAS	
Módulo de Finesa	2.96

OBSERVACIONES
La muestra tomada identificada por el solicitante.



Fines	Arena			Grava	
Limo y Arcilla	Fina	Media	Gruesa	Fina	Gruesa



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



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

SOLICITA : BACH. VALVERDE SOLIS ERICK ANTHONY
 TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO F'c=210 KG/CM2 CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN 4%, 6% Y 8%
 POR CENIZA DEL RASTROJO DE MAÍZ
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
 CANTERA : RUBEN
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
 FECHA : 27/12/2018

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	18450	19600	18650
Peso de molde	5120	5120	5120
Peso de muestra	13330	14480	13430
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario (Kg/m ³)	1425	1548	1438
Peso unitario prom. (Kg/m³)	1470		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1468		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	19650	19650	19600
Peso de molde	5120	5120	5120
Peso de muestra	14530	14530	14380
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario (Kg/m ³)	1553	1563	1537
Peso unitario prom. (Kg/m³)	1548		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1543		

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
 Telf. (043) 323505 - 326150 - 329488 Anexo 208
 Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

SOLICITA: BACH. VALVERDE SOLIS ERICK ANTHONY
 TESIS: RESISTENCIA DE UN CONCRETO F'c=210 KG/CM2 CON SUSTITUCION DE CEMENTO EN 4%, 8% Y 8%
 POR CENIZA DEL RASTROJO DE MAÍZ
 LUGAR: CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 CANTERA: VESIQUE
 MATERIAL: ARENA GRUESA
 FECHA: 27/12/2018

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	7650	7800	7900
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	4324	4274	4274
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m ³)	1551	1533	1533
Peso unitario prom. (Kg/m³)	1538		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1634		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	8150	8150	8150
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	4824	4824	4824
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m ³)	1730	1730	1730
Peso unitario prom. (Kg/m³)	1730		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1724		

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

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

SOLICITA : BACH. VALVERDE SOLIS ERICK ANTHONY
 TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO F'c=210 KG/CMJ CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN 4%, 6% Y 8%
 POR CENIZA DEL RASTROJO DE MAÍZ
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 CANTERA : RUBEN
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
 FECHA : 37/12/2016

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	905.20	945.60
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	592.90	618.60
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A-B)	312.30	327.00
D	Peso de material seco en astilla	901.70	941.60
E	Volumen de masa (C-(A-D))	308.80	323.00
G	P.e. Bulk (Base Seca) D/C	2.887	2.880
H	P.e. Bulk (Base Saturada) A/C	2.898	2.892
I	P.e. Aparente (Base Seca) D/E	2.920	2.915
F	Absorción (%) ((D-A)/A)x100	0.39	0.42

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.883
 P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.895
 P.e. Aparente (Base Seca) : 2.918
 Absorción (%) : 0.41





USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

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

SOLICITA : BACH VALVERDE SOLIS ERICK ANTHONY
 TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO F'c=210 KG/CM2 CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN 4%, 8% Y 8%
 POR CENIZA DEL RASTROJO DE MAIZ
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 CANTERA : VESIQUE
 MATERIAL : ARENA GRUESA
 FECHA : 27/12/2016

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	gr	300.00	300.00
B	Peso de picnometro + agua	gr	668.50	668.50
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A+B)	cm ³	968.50	968.50
D	Peso de picnometro + agua + material	gr	858.80	858.80
E	Volumen de masa + volumen de vapores (C-D)	cm ³	109.70	109.70
F	Peso de material seco en estufa	gr	298.80	298.80
G	Volumen de masa [(E)-(A-F)]		108.50	108.50
H	P + Bulk (Base Seca)	F/E	2.724	2.724
I	P + Bulk (Base Saturada)	A/E	2.735	2.735
J	P + Aparato (Base Seca)	F/E	2.754	2.754
K	Absorción (%) [(D-A)/A]x100		0.40	0.40





USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO
(ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH. VALVERDE SOLIS ERICK ANTHONY
 TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO F'c=210 KG/CM2 CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN 4%, 6% Y 8%
 POR CENIZA DEL RASTROJO DE MAÍZ
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
 CANTERA : HUBÉN
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
 FECHA : 27/12/2016

PRUEBA Nº	01	02	03
TARA Nº			
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1006.9	1029.1	
TARA + SUELO SECO (gr)	1003.7	1026.6	
PESO DEL AGUA (gr)	3.2	2.5	
PESO DE LA TARA (gr)	158.5	159.4	
PESO DEL SUELO SECO (gr)	845.2	867.2	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.38	0.29	
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)		0.33	

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

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
 Telf. (043) 323505 - 326150 - 329486 Anexo 208
 Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

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

SOLICITA : BACH VALVERDE SOLIS ERICK ANTHONY
TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO F'c=210 KG/CM2 CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN 4%, 6% Y 8%
POR CENIZA DEL RASTROJO DE MAÍZ
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
CANtera : VESIQUE
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 27/12/2018

PRUEBA N°	01	02	03
TARA N°			
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1046	966	
TARA + SUELO SECO (gr)	1043	963.2	
PESO DEL AGUA (gr)	3.0	2.8	
PESO DE LA TARA (gr)	164.5	169	
PESO DEL SUELO SECO (gr)	878.5	794.2	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.34	0.35	
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)		0.35	

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

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 323505 - 326150 - 329488 Anexo 208
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA : BACH: VALVERDE SOLIS ERICK ANTHONY
TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO F'c=210 KG/CM2 CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN 4%, 6% Y 8%
POR CENIZA DEL RASTROJO DE MAÍZ
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 27/12/2016

F'c : 210 Kg/cm2

N°	TESTIGO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	F'c Kg/Cm2	F'c/F'c (%)
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
01	PATRON	3,0	12/10/2016	19/10/2016	7	151.67	72.22
02	PATRON	3,0	12/10/2016	19/10/2016	7	151.33	72.06
03	PATRON	3,0	12/10/2016	19/10/2016	7	140.50	66.91
04	PATRON	3,0	12/10/2016	26/10/2016	14	190.73	90.82
05	PATRON	3,0	12/10/2016	26/10/2016	14	186.62	88.86
06	PATRON	3,0	12/10/2016	26/10/2016	14	186.26	88.70
07	PATRON	3,0	12/10/2016	09/11/2016	28	219.04	104.31
08	PATRON	3,0	12/10/2016	09/11/2016	28	215.58	102.66
09	PATRON	3,0	12/10/2016	09/11/2016	28	212.25	101.07

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

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

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION - EXPERIMENTAL 4%

SOLICITA : BACH: VALVERDE SOLIS ERICK ANTHONY
 TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO F'C=210 KG/CM2 CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN 4%, 6% Y 8%
 POR CENIZA DEL RASTROJO DE MAÍZ
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 FECHA : 27/12/2016

F' C : 210 Kg/cm2

N°	TESTIGO	SLUMP (")	FECHA		EDAD	FC	F' C
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/Cm2	(%)
01	EXPERIMENTAL 4%	2,90	15/11/2016	22/11/2016	7	187.13	89.11
02	EXPERIMENTAL 4%	2,90	15/11/2016	22/11/2016	7	189.79	90.38
03	EXPERIMENTAL 4%	2,90	15/11/2016	22/11/2016	7	192.15	91.50
04	EXPERIMENTAL 4%	2,90	15/11/2016	29/11/2016	14	196.83	93.73
05	EXPERIMENTAL 4%	2,90	15/11/2016	29/11/2016	14	192.15	91.50
06	EXPERIMENTAL 4%	2,90	15/11/2016	29/11/2016	14	193.08	91.95
07	EXPERIMENTAL 4%	2,90	15/11/2016	13/12/2016	28	240.29	114.42
08	EXPERIMENTAL 4%	2,90	15/11/2016	13/12/2016	28	237.70	113.19
09	EXPERIMENTAL 4%	2,90	15/11/2016	13/12/2016	28	235.49	112.14

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

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

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION - EXPERIMENTAL 6%

SOLICITA : BACH: VALVERDE SOLIS ERICK ANTHONY
 TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO F'C=210 KG/CM2 CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN 4%, 6% Y 8%
 POR CENIZA DEL RASTROJO DE MAÍZ
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 FECHA : 27/12/2016

F' C : 210 Kg/cm²

N°	TESTIGO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/Cm ²	FC/FC (%)
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
01	EXPERIMENTAL 6%	2,80	19/11/2016	26/11/2016	7	160.52	76.44
02	EXPERIMENTAL 6%	2,80	19/11/2016	26/11/2016	7	147.80	70.38
03	EXPERIMENTAL 6%	2,80	19/11/2016	30/11/2016	7	154.88	73.75
04	EXPERIMENTAL 6%	2,80	19/11/2016	03/12/2016	14	181.85	86.60
05	EXPERIMENTAL 6%	2,80	19/11/2016	03/12/2016	14	178.29	84.90
06	EXPERIMENTAL 6%	2,80	19/11/2016	03/12/2016	14	186.13	88.63
07	EXPERIMENTAL 6%	2,80	19/11/2016	17/12/2016	28	218.55	104.07
08	EXPERIMENTAL 6%	2,80	19/11/2016	17/12/2016	28	222.43	105.92
09	EXPERIMENTAL 6%	2,80	19/11/2016	17/12/2016	28	218.79	104.18

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

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

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



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION - EXPERIMENTAL 8%

SOLICITA : BACH: VALVERDE SOLIS ERICK ANTHONY
TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO F'C=210 KG/CM2 CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN 4%, 6% Y 8%
POR CENIZA DEL RASTROJO DE MAÍZ
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 27/12/2016

F' C : 210 Kg/cm²

N°	TESTIGO	NLUMP (")	FECHA		EDAD DÍAS	FC Kg/Cm ²	FC/FC (%)
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
01	EXPERIMENTAL 8%	2,70	20/11/2016	27/11/2016	7	139.88	66.61
02	EXPERIMENTAL 8%	2,70	20/11/2016	27/11/2016	7	142.76	67.98
03	EXPERIMENTAL 8%	2,70	20/11/2016	27/11/2016	7	141.79	67.52
04	EXPERIMENTAL 8%	2,70	20/11/2016	04/12/2016	14	160.85	76.59
05	EXPERIMENTAL 8%	2,70	20/11/2016	04/12/2016	14	165.31	78.72
06	EXPERIMENTAL 8%	2,70	20/11/2016	04/12/2016	14	166.36	79.22
07	EXPERIMENTAL 8%	2,70	20/11/2016	18/12/2016	28	192.43	91.63
08	EXPERIMENTAL 8%	2,70	20/11/2016	18/12/2016	28	194.08	92.42
09	EXPERIMENTAL 8%	2,70	20/11/2016	18/12/2016	28	188.49	89.76

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

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf: (043) 323505 - 326150 - 329488 Anexo 208
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe