

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Análisis comparativo técnico y económico de la resistencia al ataque a los sulfatos del concreto $f'_c=280\text{kg/cm}^2$ adicionado con ceniza de bagazo de caña de azúcar con respecto a puzolanas comerciales

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR

Johan Fabrizzio Lozada Sanchez

ASESOR

Hector Augusto Gamarra Uceda

<https://orcid.org/0000-0002-3653-1394>

Chiclayo, 2024

**Análisis comparativo técnico y económico de la resistencia al ataque
a los sulfatos del concreto $f'_c=280\text{kg/cm}^2$ adicionado con ceniza de
bagazo de caña de azúcar con respecto a puzolanas comerciales**

PRESENTADA POR
Johan Fabrizzio Lozada Sanchez

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Wilson Martin Garcia Vera
PRESIDENTE

Jorge Enrique Alvarez Ruffran
SECRETARIO

Hector Augusto Gamarra Uceda
VOCAL

Dedicatoria

Dedico este informe de tesis a dios por darme la fortaleza de seguir adelante siempre, ante las adversidades y a mi familia por darme las herramientas necesarias para seguir desarrollando me como profesional.

Agradecimientos

Agradezco a Dios, por darme salud, fortaleza y gran voluntad para seguir con mis objetivos y cumplir mis metas, también agradecer a la familia por el apoyo incondicional y especialmente a mis padres por darme la base de valores y actitudes que me ayudarán para llegar hacer un gran profesional.

TESIS - LOZADA SANCHEZ JOHAN FABRIZIO - SIN ANEXOS

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%	20%	5%	9%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	5%
2	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
6	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	1library.co Fuente de Internet	<1%

ÍNDICE

RESUMEN	7
ABSTRACT	8
INTRODUCCIÓN	9
REVISIÓN DE LITERATURA	11
ANTECEDENTES	11
BASES TEÓRICAS	12
CEMENTO.....	12
PUZOLANAS	16
ADICIONES DE MINERALES EN EL CEMENTO	17
CONTROL DEL ATAQUE DE SULFATOS	18
RESIDUOS AGROINDUSTRIALES	19
DIATOMITA	23
CENIZA VOLANTE	27
COMPOSICIÓN QUÍMICA	27
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS.....	30
AGREGADO FINO.....	30
GRANULOMETRÍA	30
AGREGADO GRUESO	32
MATERIALES Y MÉTODOS	36
TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	36
NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	36
MATERIAL.....	36
POBLACIÓN Y MUESTRA.....	36
VARIABLES OPERACIONALES	39
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA DIATOMITA.....	48
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA CENIZA VOLANTE.....	53
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO	58
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO	65
ELECCIÓN DEL TIPO DE CEMENTO MÁS ADECUADO	72
ELABORACIÓN DE LA MEZCLA SEGÚN LAS PAUTAS DE LA NORMA ACI.....	72
CÁLCULOS Y DISEÑOS PARA LAS MUESTRAS A ANALIZAR	79
CÁLCULOS DE DOSIFICACIÓN POR EL MÉTODO ACI 211	79
RESULTADOS	85
ENSAYOS CONCRETO-FRESCO	85

ENSAYOS CONCRETO-COMPRESIÓN.....	92
EVALUACIÓN DE LOS DATOS DEL CONCRETO	95
ANÁLISIS ECONOMICO DE LOS DISEÑOS DE MEZCLA.....	112
DISCUSIÓN.....	126
CONCLUSIONES.....	132
RECOMENDACIONES.....	136
REFERENCIAS	137
ANEXOS	141

Resumen

El título del trabajo es “Análisis comparativo técnico y económico de la resistencia al ataque a los sulfatos del concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$ adicionado con ceniza de bagazo de caña de azúcar con respecto a puzolanas comerciales”, esta investigación tiene como objetivo determinar si es conveniente reemplazar a las puzolanas comerciales (diatomita y ceniza volante), por la ceniza de bagazo de caña de azúcar, sustituyendo parte del cemento portland tipo I y adicionarlas en diferentes porcentajes de 5%, 7% y 10%, para evaluar su comportamiento en la resistencia a los sulfatos y resistencia a la compresión. Los resultados obtenidos de compresión nos dicen que, si es posible reemplazar la ceniza de bagazo de caña de azúcar hasta 10% por las puzolanas comerciales, ya que llega a cumplir con la resistencia requerida a los 28 días de 280 kg/cm^2 por un precio menor de S/22.81 referente al diseño patrón. Los resultados de resistencia a los sulfatos nos indican que la ceniza de bagazo de caña de azúcar al 5% es la que responde mejor ante las sales Na_2SO_4 con una variación máxima de longitud de la barra de 0.177% en 12 semanas de curación con una concentración de 50g/900 ml. El resultado del análisis comparativo de la resistencia a los sulfatos con el valor económico nos da que, el reemplazo de 5% de ceniza de bagazo de caña de azúcar tiene la mejor relación en cuanto a variación de 0.177% a un costo de S/661.39, esta es la adición más conveniente en referencia al costo-beneficio.

Palabras clave: Ceniza Residuo Agroindustrial, Ceniza Volante, Diatomita, Puzolana, Sulfatos, Resistencia a la compresión.

Abstract

The title of the work is "Comparative technical and economic analysis of the resistance to attack on sulfates of concrete $f'_c=280\text{kg/cm}^2$ added with sugarcane bagasse ash with respect to commercial pozzolans", this research aims to determine if it is convenient to replace commercial pozzolans (diatomite and fly ash), with sugarcane bagasse ash, substituting part of the Portland cement type I and adding them in different percentages of 5%, 7% and 10%, to evaluate their behavior in resistance to sulfates and resistance to compression. The results obtained from compression tell us that, if it is possible to replace sugarcane bagasse ash up to 10% with commercial pozzolans, since it meets the required resistance at 28 days of 280 kg/cm² for a lower price of S/22.81 referring to the standard design. The sulfate resistance results indicate that 5% sugarcane bagasse ash responds best to Na₂SO₄ salts with a maximum bar length variation of 0.177% in 12 weeks of curing at a concentration of 50g/900 ml. The result of the comparative analysis of sulfate resistance with the economic value gives us that the replacement of 5% of sugarcane bagasse ash has the best ratio in terms of variation of 0.177% at a cost of S/661.39, this is the most convenient addition in reference to cost-benefit.

Keywords: Ash Agro-industrial Residue, Fly Ash, Diatomite, Pozzolana, Sulfates, Compressive strength

Introducción

En el 2020, según el reporte estadístico del Minagri, la producción de caña de azúcar a nivel nacional fue de 10,469,000 de toneladas [1]. De esta producción el 70% está cubierta por empresas privadas y el otro 30% por sembradores independientes y el estado peruano. La producción nacional está determinada por 12 empresas azucareras, de las cuales 2 de las productoras representativas se encuentran en Pomalca y Tután. La mayor producción agroindustrial de caña de azúcar se concentra en el norte del Perú, donde Lambayeque y La Libertad cubren aproximadamente el 70% de toda la producción nacional, Lima, Áncash y Arequipa, cubren el otro 30% faltante de demanda [2]. El informe de producción de caña de azúcar en Lambayeque en Julio del año 2022 fue de 204,802 toneladas, con un promedio de 6800 toneladas por día, de los cuales el procesamiento el 70% se encarga las fábricas de Agrolmos y el 30% sobrante en fábricas, molinos y pequeñas empresas de la zona. La eficiencia del procesamiento de la materia prima asciende a un 90%, creando un margen de 10% de desperdicio [1,3,4]; éste es reaprovechado siendo utilizado para la incineración, llegando a temperaturas de 600°C a 700°C, gracias a esto convirtiendo a la ceniza en una puzolana artificial, la cual puede ser empleada para ayudar a la industria de la construcción, reduciendo costos en la elaboración de concretos que necesiten adiciones puzolánicas.

Los cementos de alta durabilidad y adicionados con puzolanas vienen siendo utilizados con mayor regularidad en Perú, debido a sus diversos microclimas que nos obliga a mejorar algunas propiedades del concreto para contrarrestar estos efectos, pero en consecuencia encarece la fabricación de este tipo de concreto.

El análisis comparativo está enfocado en la utilización de ceniza de bagazo de caña de azúcar como reemplazo de las puzolanas comerciales de la zona, para la fabricación de un concreto más durable y resistente, se utilizó el residuo agroindustrial de la fábrica azucarera de Pomalca, y como muestra de puzolanas comerciales a la diatomita y ceniza volante. Para determinar su comportamiento mecánico de estas adiciones serán dosificadas en diferentes porcentajes como reemplazo del cemento, para efectuar un análisis de manera técnica y una comparación económica de la influencia de éstas en las propiedades mecánicas del concreto.

Por ende el objetivo general de este proyecto es realizar el análisis comparativo técnico y económico de la resistencia al ataque de sulfatos del concreto $f^c=280\text{kg/cm}^2$ adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar de 5%, 7% y 10% con respecto a puzolana comercial, y los objetivos específicos para cumplir con todo lo que se quiere lograr son, identificar las características y propiedades de la ceniza de caña de azúcar, recopilar información de las puzolanas comerciales más utilizadas en Chiclayo – Lambayeque, diseñar mezcla patrón del concreto $f^c=280\text{kg/cm}^2$ con puzolanas comerciales y con adición del 5% 7% y 10% de ceniza de caña de azúcar, determinar la resistencia al ataque de sulfatos de un concreto $f^c=280\text{kg/cm}^2$ con puzolanas comerciales y con adición del 5% 7% y 10% de ceniza de bagazo de caña de azúcar, determinar la resistencia a la compresión de concreto $f^c=280\text{kg/cm}^2$ con puzolanas comerciales y con adición del 5% 7% y 10% de ceniza de bagazo de caña de azúcar y comparación económico - técnico de fabricar concreto $f^c=280\text{kg/cm}^2$ con ceniza de bagazo de caña de azúcar y con puzolanas comerciales más utilizadas en Chiclayo – Lambayeque

Revisión de literatura

Antecedentes

Antecedentes internacionales

Con el fin de comprender el comportamiento de la ceniza de bagazo de caña de azúcar sin tratar en la unión de cloruros en concretos ternarios preparados con cenizas volantes, se identificó que la ceniza de bagazo contribuye a una mayor capacidad de unión cloruro, cuando se reemplaza el cemento en 10%, 20% y 30%, haciendo una reducción de permeabilidad y manteniendo la resistencia a la compresión [5].

En esta investigación se busca comprender el comportamiento de un concreto de alta resistencia, con el reemplazo del 60%, 70% y 80% del material cementante por ceniza de bagazo de caña de azúcar y polvo de piedra caliza, para analizar el comportamiento de la resistencia la durabilidad y la permeabilidad a los 28 días, se comprobó que la permeabilidad incrementa ligeramente con el aumento de las cenizas de bagazo de caña de azúcar. También se determinó que se reduce la emisión de dióxido de carbono de un 42% a 57% al utilizar este reemplazo y reduciendo el costo de elaboración de mezcla de un 13 a 25% [6].

Este estudio se enfoca en el desempeño del concreto convencional con reemplazo del material cementante, con la combinación de ceniza de bagazo de caña de azúcar y ceniza de cascarilla de arroz, resultó que el óptimo comportamiento se da con la combinación de 10% de ceniza de bagazo de caña de azúcar y 5% de ceniza de cascarilla de arroz, dando mayor resistencia a la compresión, bajando la permeabilidad al ion cloruro y reduciendo el índice de absorción, estos siendo comprobados mediante un difractograma de rayos X y análisis térmicos [7].

Las características físicas y químicas de la ceniza de caña de azúcar son favorables para ser consideradas una clase N de puzolanas según la ASTM C618, ya que la suma de sus compuestos SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3 son igual o mayor al 70%, siendo que sus componentes tienen las siguientes cantidades, sílice de 55% - 75%, alúmina 5% - 10% y óxido de hierro 4% - 6%. Para la obtención de la ceniza, se emplea un tratamiento térmico, que es realizado durante tres horas, con temperaturas que varían entre 500 a 700°C en hornos industriales [8].

Al realizar estudios de las adiciones de ceniza volante al 10%, 20% y 30%, nos hablan de que entre mayor sea el porcentaje de reemplazo más tarda la mezcla en obtener su resistencia, por ese motivo el óptimo reemplazo sería 10%, usando una relación a/mc de 0.50 alcanza así resistencias similares a la muestra patrón de 350 kg/cm² [9].

Antecedentes nacionales

En el estudio realizado en la ciudad de Arequipa se obtuvo, que la adición del 5%, 10% y 15% de ceniza de bagazo de caña de azúcar al material cementante, aumenta la resistencia a la compresión en 31%, 2.2% y 0.9% respectivamente y reduciendo en el mejor de los casos en 1% el costo de fabricación de mezcla, esto debido a una baja trabajabilidad y teniendo que adicionar aditivo plastificante para poder ensayar las muestras de manera efectiva. En la caracterización se pudo apreciar un alto contenido de sílice del 67.02%, 0.37% de humedad y una pérdida por ignición de 2.92%, también se caracterizó que dosificaciones mayores al 10% reducen significativamente la trabajabilidad del concreto, por lo cual no se recomienda adicionar mayores porcentajes [10].

Con este estudio se logró demostrar la mejora de las propiedades de resistencia a la compresión y la durabilidad del concreto adicionado de 6% a 8% con diatomita (puzolana natural de causas de aguas subterranas activas), este es el rango óptimo, ya que, aumenta de un 7% a 8% la resistencia a la compresión, de 10% a 12% la resistencia a los sulfatos y teniendo una buena trabajabilidad [11].

Un análisis de las cenizas volantes en la ciudad de Puno, determino que las cenizas de alto horno mantienen la resistencia y aumenta la durabilidad del concreto en los rangos de 5% a 10%, por debajo del 5% no hay incremento de resistencia y mayores al 10% la resistencia se ve afectada a los 28 días. [10]

Bases teóricas

Cemento

Es un material obtenido de la mezcla de varios minerales finamente molidos, contiene piedra caliza y arcilla, preparados en hornos rotatorios. El producto de esto es el Clinker, que

juntamente con la adición de yeso de 2% o 3% es molido, para que este pueda interrumpir el fragüe instantáneo.

El cemento es un material inorgánico que al ser mezclado con arena, piedra, agua y aditivos conforman un producto resistente y duradero llamado concreto, el cual tiene resistencia, durabilidad y estabilidad con bajas adiciones de agua. Su apariencia es grisácea intensa y viscosa [11].

Composición Química

Los elementos con mayor presencia dentro de su composición son:

- ✓ Oxido de calcio (CaO) que es proporcionado por la adición de la cal.
- ✓ Dióxido de silicio (SiO₂), trióxido de aluminio (Al₂O₃) y óxido de hierro (Fe₂O₃), que son brindados por la arcilla.
- ✓ Yeso, que por su composición aportará el trióxido de azufre (SO₃).

En el proceso de ignición del Clinker, se producen la mayor parte de sus componentes principales, los silicatos tricálcicos (C₃S), el silicato dicálcico (C₂S), el ferroaluminato tetracálcico (C₄AF) y el aluminato tricálcico (C₃A).

Tipos de Cemento

Tipo I: Cemento Portland estándar, que tiene modera calor de hidratación y se utiliza cuando no se especifica caso especial en el ambiente.

Tipo V: Para resistencias altas ante concentraciones de sulfatos

Cementos derivados del tipo I, son los siguientes:

Tipo ICO: Cemento tipo con adición del 30% de filler calizo

Tipo IMS: Utilizado cuando se tenga una exposición moderada a sulfatos sin llegar a ser severa.

Tipo IHS: Se empleando cuando se tenga una acción severa de sulfatos, suelos con altas concentraciones de sales o aguas subterranes.

Tipo GU: Se puede utilizar cuando no se tenga ninguna especificación especial

Concreto

El concreto es un compuesto que está formado por cemento, agregados, agua y en casos específicos aditivos, los cuales al ser mezclados proporciona diferentes propiedades. Este material internacionalmente es más conocido como hormigón.

Tipos de Concreto

Concreto Simple: No posee algún acero de refuerzo o tiene por debajo del mínimo especificado por la norma técnica E 060 de concreto armado.

- ✓ **Concreto Ciclópeo:** Es un tipo de concreto simple que posee grandes piedras o bloques.
- ✓ **Concreto Armado:** Es aquel que cuenta con algún tipo de estructura que le permite contrarrestar los esfuerzos de tracción, y puede trabajar a flexo compresión.
- ✓ **Concreto Prefabricado:** son elementos de concreto armado elaborados en moldes reutilizables con una geometría determinado, en condiciones controladas.
- ✓ **Concreto Premezclado:** Es aquel preparado en planta, mezclado en camiones mixer o mezcladoras de concreto, y tiene que ser entregados a obra.

Propiedades de concreto

Estado plástico (Fresco)

Trabajabilidad y Consistencia

Es la propiedad del concreto que hace que sea consistente y fácil el mezclado, para que sea colocado, compactado y así poder darle una apariencia sin presencia de agregados ni exudación durante su producción; esta propiedad se puede apreciar en los ensayos de consistencia. La consistencia es influenciada directamente por la humedad que presenta la mezcla, depende directamente de la cantidad de agua usada [10].

Segregación

Esta propiedad aparece en el concreto fresco, y es cuando se presenta la separación de la piedra del mortero de mezcla. Se produce por las diferencias de densidades, esto produce que las partículas con mayor densidad se precipiten y las partículas menos densas queden en la parte superior, este hecho perjudica a nuestro concreto. Este se aprecian zonas donde se concentran los agregados gruesos y zonas donde sólo hay mortero, lo cual muchas veces se ve reflejado en cangrejas y grandes espacios de aire. la segregación se ve influenciado directamente por la consistencia de la mezcla, cuando hay mayor presencia de agua y viceversa, hay un gran riesgo y suceda esta propiedad [10].

Exudación

se presenta cuando la mezcla se empieza asienta y producto de esto el agua es empujada hacia la superficie. Esto depende si los agregados y cementos son bien finos, si hay grandes

porcentajes de agregados dentro del diseño también influirá en este comportamiento, ya que estos absorben gran cantidad de agua, regulando la cantidad que irá a la superficie.

Contracción

Se refiere a las fisuras que aparece en el concreto cuando este esta secando, producto de la pérdida del volumen de agua este se contraerse. Esto es influenciado por el escape del agua, porque esta para salir de la mezcla busca su camino hasta la superficie. Este proceso se puede controlar, al ayudar a la mezcla a no perder el agua con algún tipo de curado.

Propiedades en estado endurecido

Elasticidad

La capacidad del concreto para resistir deformaciones por cargas, sin llegar a ser permanentes. El concreto tiene un pobre comportamiento elástico, este al ser ensayado para conocer las deformaciones debido a esfuerzos constantes, formará una curva. El módulo de elasticidad es la relación de esfuerzo a la deformación medida de la parte final de la recta hacía el final de la curva. El valor del módulo de elasticidad normalmente oscila 20.5 GPa a 34.5 GPa.

Resistencia

La capacidad del concreto para aguantar cargas y esfuerzos, sin recibir daño alguno, tiene mejor comportamiento con presión que tracción. Esto depende de la calidad de concreto que tengas, y las propiedades serán influenciadas por el curado, calidad de los agregados, tipo de cemento y la relación agua/material cementante.

Extensibilidad

Es la capacidad de deformación del concreto sin presentar agrietamiento. Esto se determina en función de una deformación unitaria máxima que puede soportar el concreto sin que aparezcan figuración alguna.

Durabilidad

Es la capacidad del concreto a resistir agentes externos como es cambios severos de temperatura, la penetración de aguas con concentraciones de sales, desgaste debido a la abrasión, retracciones por secado, eflorescencia, agentes corrosivos, sin perjudicar las condiciones fisicoquímicas a lo largo del tiempo de vida del concreto. estos daños pueden ser producidos por ciclos de congelamiento y deshielos, exposición a entornos con aguas

subterráneas o marinas y suelo con concentraciones elevadas de sulfatos. Ante esto se puede mejorar las características haciendo menos impermeable al concreto adicionando aditivos de incorporación de aire o aplicar un revestimiento protector en la superficie para incrementar esta impermeabilidad.

Impermeabilidad

Es la capacidad de dejar filtrar aire o agua dentro de la estructura del concreto es la propiedad con mayor relevancia del concreto, puede ser mejorada con la reducción de agua en la mezcla. el exceso de agua suelta dentro de la mezcla crea vacíos luego de esta evaporarse, siendo reemplaza por aire y creando canales pequeños por donde pueda penetrar el agua o aire, que pueden tener agentes nocivos que deterioran la estructura del concreto.

Puzolanas

Es un material o aluminio silíceos que reacciona cuando es mezclado con agua, creando una reacción similar al cemento y creando características cementantes.

Tipos de puzolanas

se encuentran en la naturaleza en yacimientos rocosos que pueden ser calificados como puzolanas, las piedras pómez, tobas, cenizas volcánicas y también las hay sedimentarias como son algunas arcillas y el ópalo.

Antes sólo se utilizaba tu solanas naturales in la producción industrial de cementos puzolánicos, ahora con nuevas investigaciones se han realizado con materiales artificiales, cómo son los desechos agroindustriales, para adquirir material puzolana, los residuos industriales con más presencia en el medio de producción son las cenizas volantes como escorias de alto horno y el micro sílice, también tenemos cenizas de desechos agroindustriales como de bagazo de caña y de cascarilla de arroz cómo puzolánico comprobado.

Puzolanas naturales

Estás tienen orígenes orgánicos o mineral, las de origen mineral son formadas a partir de la meteorización de polvo y cenizas volcánicas, las cuales son transformadas a lo que conocemos como tobas y piedras volcánicas. Las orgánicas se denominan rocas sedimentarias que tienen grandes porcentajes de sílice hidratada dentro de su composición, y las podemos ubicar cerca de yacimientos marítimos, donde encontramos restos como caparzones, esqueletos de animales o plantas marinas, ricos en sílice.

Puzolanas artificiales

Estas son obtenidas a través de un tratamiento térmico adecuado y las cuales se dividen en 2 grupos, el primero de ellos tiene componentes de silicatos esquistosos y arcillas. El otro grupo conformado por las cenizas de residuos agroindustriales (ceniza de bagazo de caña de azúcar), cuando éstos son incinerados se obtiene un residuo mineral rico en sílice y alúmina, cuya estructura depende de la temperatura con las que fueron creadas.

Propiedades de la puzolana

Son dadas principalmente por la presencia alta de sus óxidos (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3) sea mayor del 70%. Son puzolanas de clase N según la ASTM C 618.

En el caso de puzolanas artificiales hechas de los desechos agroindustriales (ceniza de bagazo de caña de azúcar), el mejor tratamiento para mejorar sus características es un tratamiento térmico rustico, donde se los tiene incinerando de 2 a 3 horas a una temperatura de 400 a 700°C, para garantizar la formación correcta de la sílice.

Uso de la puzolana

la utilización de puzolanas en el concreto es debido por las características que mejor al ser incorporada, reduce la porosidad incrementando así su durabilidad, es un aislante térmico, usado para evitar la abrasión en los especímenes de concreto, aumenta la resistencia a los sulfatos y también a la resistencia a la compresión. Reduce la reacción álcali-agregado, así disminuyendo el consumo cemento para obtener la misma resistencia, así economizando la producción de mezcla, ahorra energía y produce menos emisiones de CO_2 .

Por estos motivos es importante estudiar a este material para contribuir el consumo de energía industrial, económico y producir materiales más sustentables aprovechando insumos desechados.

Adiciones de minerales en el cemento

La norma técnica peruana nos habla de los cementos con adiciones minerales como puzolanas natural o calcinada y ceniza. La NTP 334.104 nos especifica que debemos cumplir con ciertos requisitos físicos y químicos:

Físicos

- ✓ La cantidad máxima retenida en el tamiz N°325 es de 34% para las clases de adición mineral N, F y C.
- ✓ El agua máxima usada va de 105% en clases F y C, y de 115% para la clase N.
- ✓ La máxima variación de expansión para todas las clases es de 0.8%.
- ✓ Valores permitidos por encima del máximo retenido en el tamiz N°325 es de 5%.

Químicos

- ✓ La suma de dióxido de sílice, óxidos de aluminio y hierro debe ser como mínimo de 75% para todas las clases de adición mineral.
- ✓ El contenido máximo de trióxido de azufre es de 75% para todas las clases.
- ✓ La humedad máxima de los minerales adicionados de clase F y C es de 105% y para la clase N es de 115%.
- ✓ El máximo permisible de pérdida por calcinación para las clases es de 0.80%.

Clases de puzolana

Clase N: Puzolana naturales que necesitan ser calcinadas para activar sus propiedades

Clase F: Cenizas volantes producidas por la quema de carbón bituminoso.

Clase C: Ceniza volante producida por carbón lignito. Tiene propiedades puzolánicas y cementantes.

Control del ataque de sulfatos

El concreto va a estar dispuesto a diferentes entornos en los cuales tendrá que lidiar con aguas subterráneas y suelo que contengan sulfatos. Este tipo de concreto tiene que estar diseñado con cementos que protejan contra sulfatos, los más conocidos son los cementos hidráulicos que contienen cierta cantidad de puzolana en su composición.

Además de elegir el cemento cómo es esencial tener un concreto en óptimas condiciones para que puedas hacer frente a este ataque de sulfatos, por este motivo se tiene que tener un gran énfasis en el curado del concreto, una baja relación agua material cementante, una alta resistencia, un bajo contenido de aire, uniformidad y un recubrimiento adecuado para el acero de refuerzo.

Tabla N°1. Requisitos para concretos expuestos a soluciones con sulfatos

Exposición a los Sulfatos	Sulfatos solubles en agua (SO ₄) ⁻² , presente en el suelo, % en peso	Sulfatos (SO ₄) ⁻² En agua ppm	Tipo de cemento	Concreto con agregado de peso normal. Relación máxima Agua/Cemento (a/c) en peso	Concreto con agregados de peso normal y ligero. Resistencia mínima a compresión, f'c, kg/cm ² (MPa)
Despreciable	0.00 ≤ SO ₄ ≤ 0.10	0 ≤ SO ₄ ≤ 150	Sin restricción en el tipo.	-	175 (17)
Moderada	0.10 ≤ SO ₄ ≤ 0.20	150 ≤ SO ₄ ≤ 1500	II, IP(MS), IS(MS), MS	0.5	280 (28)
Severa	0.20 ≤ SO ₄ ≤ 2.00	1500 ≤ SO ₄ ≤ 10000	V, IP(HS), IS(HS), HS	0.45	315 (31)
Muy severa	SO ₄ > 2.00	SO ₄ > 10000	V, IP(HS), IS(HS), HS con puzolana o escoria	0.45	315 (31)

Fuente: Norma E.060 Concreto Armado

Residuos Agroindustriales

Los residuos agroindustriales tienen un gran margen para poder aprovecharlos en diferentes procesos, los cuales podemos hablar de 5 categorías: la primera sería la obtención de biomasa, la segunda es el compostaje, la tercera como alimento para ganado vacuno o porcino, la cuarta para elaboración de productos de interés (concretos, ladrillos, adobes) y por último la recuperación de ambientes abióticos contaminados con colorantes o metales pesados.

Ceniza del bagazo de la caña de azúcar (CBCA)

Concreto con la utilización de CBCA

Las cenizas de bagazo de caña de azúcar es un subproducto agroindustrial, Producido de la elaboración de azúcar y otros productos derivados de este, cuando este material es quemado adecuadamente, se obtiene una ceniza rica en sílice y alúmina, que tiene un comportamiento puzolánico cuando es incinerado a temperaturas de 400° C a 700° C.

Hasta la actualidad en la ciudad de Chiclayo, las cenizas de bagazo de caña de azúcar no han sido investigada, pero sí nacionalmente en la ciudad de Arequipa e internacionalmente se ha hecho estudios como en Brasil, México, India, Pakistán, Irán y Alemania, donde nos dan resultados prometedores de crear un concreto con un cemento puzolánico a base puzolanas artificiales, ya que éstas tienen grandes concentraciones de sílice, entre un 70 a 75%.

Caña de Azúcar

El Perú produce grandes cantidades de caña de azúcar al año, en el año 2021 la producción nacional fue de 9,827,808 toneladas [1].

Los ingenios azucareros de la zona de Chiclayo son: Empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A., Empresa Agroindustrial Tután S.A.A., Agro Pucala S.A.A.

El tipo de caña de azúcar sembrada en esta zona es la variedad de origen India (Clave 85-30), la cual se caracteriza por tener un rendimiento alto de azúcar, por resistir enfermedades y su adaptabilidad a los diferentes climas.

Pomalca tiene un clima tropical lo cual beneficia por ser un clima cálido y húmedo para su óptimo desarrollo. El tipo de suelo debe tener un pH de 6 a 7.5, y de tipo franco arenoso.

Fábrica de Ceniza del Bagazo de la Caña de Azúcar

Para realizar este estudio técnico económico la ceniza de bagazo de caña de azúcar viene de la empresa azucare Agroindustria Pomalca – Chiclayo, ubicado en el distrito de Pomalca, provincia de Chiclayo, en el departamento Lambayeque.

La empresa reporta el año 2021 en su memoria anual una producción de 447,966 toneladas cosechadas en 5,309 hectáreas, teniendo un rendimiento anual de 84.4 ton/ha. [3]



Figura N°1. Empresa Agroindustrial S.A.A – Pomalca – Chiclayo

Fuente: INEDES Instituto de Economía y Desarrollo

- ✓ El proceso para obtener la ceniza de bagazo en la empresa agroindustrial Pomalca Empieza con la extracción del jugo de caña en molinos que exprimen todo el tallo. el residuo de este proceso se le llamaba bagazo y es de textura solida fibrosa, y es utilizada como combustible, siendo este producto incendiado en calderas.
- ✓ Las calderas se obtiene la ceniza como un residuo qué es almacenado en bolsas de tela o pozas cavadas, para posteriormente ser dispuestas en campos de sembríos para fertilizar la tierra, o simplemente desechados, generalmente se generan grandes cantidades de residuos porque gran parte es desechada a botaderos.

Temperatura de Calcinación

La temperatura ideal de calcinación es entre 600-700 °C en este rango la deshidratación de los materiales orgánicos libera sílice y alumina, que son necesarios para su comportamiento puzolánico.

Si se pasara los 700 °C disminuirá su actividad puzolánica, ya que se crean compuestos de silicio y alumina que no son solubles en agua, reduciendo su capacidad de reacción con el cemento. También habrá perdidas de peso en la ceniza lo cual bajara su rendimiento, esto también afecta a resistencia mecánica y la fluidez.

Características de tamizado

Para esta ser considerada una puzolana de clase n tiene que cumplir el 95% de sus partículas pase por el tamiz Nro. 50 y que en el tamiz Nro. 8 el material retenido sea menor 34%.

Propiedades químicas de la CBCA

Las cenizas de bagazo de caña de azúcar son de clase N, ya que tiene porcentajes por encima del 70% en sus óxidos y su elaboración es mediando la calcinación.

Para determinar la composición química de la ceniza de bagazo de caña de azúcar se tuvo que evaluar en laboratorios calificados, en este caso la obtención de datos fue del Laboratorio E.I.R.L. dando nos los siguientes datos:

Tabla N°2. Datos del Análisis Químico para CBCA

Ensayos	Componentes	CBCA
2043 Manganeso por Fusión Alcalina-Absorción Atómica	Mn	0.365 %
	Mn ₂ O ₃	0.525 %
2049 Magnesio por Fusión Alcalina-Absorción Atómica	Mg	0.49 %
	MgO	0.81 %
511 Aluminio por Fusión Alcalina-Absorción Atómica	Al	3.303 %
	Al ₂ O ₃	6.240 %
517 Calcio por Digestión Ácida-Absorción Atómica	Ca	0.146 %
	CaO	0.204 %
531 Sílice por Fusión Alcalina-Absorción Atómica	SiO ₂	67.02 %
545 Hierro por Fusión Alcalina-Absorción Atómica	Fe	1.74 %
	Fe ₂ O ₃	2.48 %
569 Sodio por Digestión -Absorción Atómica	Na	1.26 %
	Na ₂ O	1.70 %
570 Potasio por Digestión -Absorción Atómica	K	9.89 %
	K ₂ O	11.91 %
582 Especificación de la pérdida por calcinación	LOI	2.895 %

Fuente: Laboratorio Analíticos del Sur E.I.R.L

- ✓ La ceniza de bagazo de caña de azúcar evaluada cumple con la suma superior al 70% de sus óxidos, establecida por norma para ser considerada puzolana de clase N, con un 75.74% resultante.
- ✓ El contenido de humedad verificado es de 0.37%, siendo menor al 3% establecido por las normas.
- ✓ La pérdida por calcinación llega a 2.895%, estando muy por debajo de lo establecido en las normas, que es como máximo 10%.

Diatomita

Es una roca sedimentaria de grano fino formado por esqueletos de animales marinos, plantas y caparazones, formadas por la acumulación por gravedad de estos están compuestas de grandes cantidades de sílice amorfo más conocido como ópalo.

Las diatomitas son algas unicelulares de tamaño microscópico, que están presente en el ecosistema acuáticos, que pueden ser encontradas en pequeñas o grandes colonias, en aguas dulces [10].

Depósitos de origen marino

Mayormente se ubican en zonas cercanas a márgenes activos, el cual se define como la ascensión de aguas frías a la superficie.

Cuenca Sechura: Ese depósito se encuentra en el departamento de Piura, se sitúa con otros tipos de materiales interpuestos, con fosforitas en la parte superior como una fina capa.

Cuenca Pisco: Este yacimiento se encuentra en el departamento de Ica, en la ciudad de Pisco, de forma intercala con material de arcilla.

Depósito de origen lacustre

Se presenta en ambientes que tenga una alta presencia de ríos, cercanas a volcanes activos los cuales rutinariamente expulsan ceniza y se va almacenando en los márgenes del río, esto se va haciendo por capas formando así las diatomitas.

Cuenca Ayacucho: Está ubicada a la zona de Quicapata y Tambillo, al sur del Perú, las diatomitas forman parte del suelo de Ayacucho.

Cuencas Arequipa: Se encuentra combinada con sedimentos lacustres y ceniza volcánica, producto de la alta actividad volcánica de la zona.

Cuenca Tacna: este tipo de material se concentra cerca de las orillas de la laguna Aricota, también en la zona de Tripartito cerca de la ciudad de Tacna.

Características de la Diatomita

Tabla N°3. Caracterización física de los yacimientos de diatomita en el Perú

Yacimiento	Marino	
Región	Piura	Ica
Densidad real (g/cm ³)	2.255	2.505
Densidad global (g/cm ³)	0.375	0.585
Porosidad total	83%	76%

Fuente: L. F. Verdeja, et. Al., Estudio de las diatomitas del Perú

Composición química de la Diatomita

Tabla N°4. Estructura química de los yacimientos de diatomita en el Perú

Yacimiento	Marino		
Región	Piura	Ica	Arequipa
MnO	-	-	0.03%
MgO	3.3%	1.2%	0.5%
Al ₂ O ₃	2.0%	9.7%	2.6%
CaO	9.6%	2.9%	0.9%
SiO ₂	65.5%	73.8%	85%
Fe ₂ O ₃	1.3%	3.0%	1.0%
Na ₂ O	1.9%	1.8%	0.9%
K ₂ O	0.5%	1.3%	0.6%
LOI	14.8%	4.7%	7.3%

Fuente: Ramírez, J. (2010), Diatomitas en el Perú, características y aplicaciones

Beneficios aportados al concreto

Debido a su lenta reacción tiene bajos índices de calor de hidratación y tardará más de los 28 días en llegar a su resistencia máxima, estas reacciones consumen los al hidróxido de calcio producido, lo cual aporta a su durabilidad, también los productos de la reacción química tapan

los poros del concreto. Así mejorando la impermeabilidad al haber menos porosidad y haciendo ganar resistencia a la compresión de concreto.

El tiempo de fragua al ser adicionado diatomita varia de un 16 % a aún 33% la fragua inicial y de un 6% a un 31% el final de fragua [12].

Influencia en la presencia de aire

El aire atrapado se ve reducido al adicionar diatomita desde un 20% a un 52% cuándo se ha adicionado un 20% de diatomita en relación de peso [12].

Podemos considerar que hay una reducción en cuanto a la exudación en los concretos adicionados con 15% de diatomita, teniendo una reducción hasta el 76% en comparación de un concreto patrón [12].

Influencia en la Trabajabilidad

La trabajabilidad óptima se encuentra al adicionar 5% de diatomita, al aumentar al 10% esta absorbe mayor cantidad de agua así reduciendo la trabajabilidad [13].

Con mayor cantidad de diatomita utilizado dentro de la mezcla se necesitarán mayores cantidades de agua dentro de esta, así afectando directamente a la relación agua material cementante [13].

Influencia en la permeabilidad

La edición del 10 al 15% de diatomita da una característica de permeabilidad media hoy en los concretos aficionados, cuando se adiciona el 20% llega parámetros de permeabilidad baja [14].

determinó que las mezclas de 5 y 10% de edición de diatomita disminuye la permeabilidad en el concreto significativamente al haber mayores reacciones de las puzolanas [15].

Aporte a la resistencia del concreto

Se encuentran incrementos de resistencia hasta de un 14% en el mejor de los casos adicionando 12% de diatomita [12].

Para ver un incremento considerable de la resistencia a la compresión la edición del 10% diatomita no es suficiente se ven resultados a partir del 15%, dando hasta un incremento del 18% en cuanto en referencia al diseño patrón [14].

La edición óptima la diatomita se da al 10%, dando un 19.68% de mayor resistencia respecto a un diseño patrón, debido a la reacción puzolánica debido a su gran presencia de sílice es con aluminatos, y el reemplazo de las diatomitas mayores al 10% dan resistencias menores que los diseños patrón [16].

Resistencia a los Sulfatos

Se terminó que a partir del 5% de adición de diatomita hay mayores reacciones de hidróxido de calcio los cuales aumentarán la resistencia a la compresión y también disminuirán la cantidad de poros dentro de la mezcla así impidiendo el paso de los iones de cloruro. Adicionar 5% de diatomita disminuye hasta un 22% el valor potencial de corrosión del acero [15].

Ceniza Volante

Características de la Ceniza Volante cuando se sustituye por el cemento

Este es un material producto de la combustión del carbón pulverizado utilizado en calderas de centrales termoeléctricas. Al adicionar o incorporar este material diferente a la mezcla, como puzolanas lo hacemos con la finalidad de mejorar las características mecánicas del concreto.

Este tipo de material puzolánico se puede agregar con gran confianza debido al alto contenido de sílice (34% - 62%) y aluminatos (10% - 20%). Los estudios hechos nos dan unos rangos de reemplazo máximo efectivo de la ceniza volante, cuando se haga un reemplazo en volumen hasta un 35% y si es en peso hasta 10% [17,18].

Composición Química

Este tipo de cenizas se forma gracias a la combustión del carbón pulverizado, es un material cementante que puede reemplazar al cemento para agregarle características adicionales, para beneficiarlo con sus componentes. Esta es una de las puzolanas artificiales más utilizadas en la composición de cementos resistentes a sulfatos. La composición de este material se detalla en la siguiente:

Tabla N°5. Componentes de la Ceniza Volante

Componentes	Ceniza con Alto Contenido de Calcio	Ceniza con bajo contenido de Calcio
SiO ₂	34.10	42.6 - 59.8
Al ₂ O ₃	14.20	21.8 - 34.5
Fe ₂ O ₃	7.20	6.3 - 18.1
CaO	38.00	2.8 - 7.0
SO ₃	4.20	0.19 - 1.9
MgO	1.50	1.2 - 2.6
K ₂ O	1.40	0.38 - 6.0
Na ₂ O	0.44	0.15 - 0.94
Sílice reactiva	30.90	0.94
Cal libre	17.10	Inapreciable - 0.74
Carbono total	0.34	0.27 - 3.9

Fuente: UNE-EN 450-1:2006+A1:2008

Tabla N°6. Composición Química de la Ceniza Volante

Componentes	Porcentajes
SiO ₂	54.32 %
Al ₂ O ₃	25.36 %
Fe ₂ O ₃	0.18 %
CaO	1.18 %
SO ₃	0.05 %
MgO	0.03 %
K ₂ O	1.93 %
Na ₂ O	1.27 %

Fuente: Revista de Investigaciones Altoandinas – ISSN: 2313 – 2957

- ✓ La ceniza de alto horno cumple con la suma superior al 70% de sus óxidos, establecida por norma para ser considerada puzolana de clase N, con un 79.86% resultante.

Tamaño de la Partícula

Es importante conocer el tamaño promedio de la partícula ya que nos permitirá saber su granulometría, esta se encuentra 1 µm a 150 µm. Esta granulometría debe cumplir con el porcentaje que pasa por el tamiz N°325 y con un contenido de humedad menor al 1%.

Influencia en la permeabilidad

Cuando se ha estudiado la adición de ceniza volante en adiciones de 0% a 40%, se obtuvo resultados a los 28 días no muy favorables, ya que se determinó el aumento de la porosidad, esto debido a que las partículas de la ceniza son esféricas y estas fallan en la etapa de vibrado y compactación del concreto, creando espacios de vacías y así aumentando la porosidad de la mezcla. También se determinó que al año de vida de la mezcla esta empieza a tener mayor permeabilidad, debido a su desintegración y está produciendo una reacción erosiva interna. Pero en porcentajes menores iguales al 10% de adición el concreto se comporta diferente dando una reducción mínima en la porosidad [17,18].

Reduce el calor de hidratación, debido al agregar ceniza volante la reacción de hidratación interna produce hidróxido de calcio, lo cual es reutilizado para las reacciones secundarias de este tipo de concreto, las cuales consumen este subproducto para generar óxidos de sílice, así

siendo una reacción más estable y aportando para la resistencia del concreto. Estas reacciones también generan sílices-aluminatos de calcio hidratados y aluminatos tetra cálcicos hidratados, los cuales se encargan de llenar los poros por su reducido tamaño [17,18,19].

Aporte a la resistencia del concreto

El aporte que dará la ceniza volante al concreto no es muy significativo, normalmente reemplazando 10% del material cementante se consigue las resistencias requeridas. No se recomienda porcentajes más altos del 10% reemplazos debido a que tardan las partículas de la ceniza en reacción y estabilizar la mezcla [17, 20].

Es posible fabricar y utilizar la adición en concretos que no requieran en edades tempranas alta resistencia, ya que le toma más de 28 días en ganar el 100% de su resistencia. [21,22]

El aumento de resistencia por la adición mayor al 28% desde cenizas volantes al concreto, son apenas apreciables apenas de 1.1% con referencia a la muestra patrón [23].

El rango de adición óptimo para la ceniza volante al concreto es de 10% al 15%, ya que en estos porcentajes el concreto gana resistencia de 1.7% a 11.2% de resistencia por encima del diseño base. Adicionar más de estos porcentajes puede perjudicar en la resistencia del concreto dividido un desbalance por la existencia de mayor presencia de ceniza con la cantidad de cemento y esto generando una cantidad pobre de hidróxido de calcio, la cual será insuficiente para que reaccione toda la ceniza [24].

La adición de la ceniza entre 15% y 35% no muestra una baja en la resistencia que consideremos significativa, lo cual nos permite realizar adiciones mayores según se requiera, lo cual nos permitirá reducir costos al momento de elaborar concreto, ya que se utilizará menos cemento y mejorara la trabajabilidad, durabilidad y resistencia a la compresión.

Resistencia a los Sulfatos

El incremento de la resistencia hasta 11.25% es producido por la reacción química de la puzolana con la mezcla, produciendo mayor sílices, alúminas e hidróxido de calcio. Estos

estimulando a la mayor formación hola de aluminato tricálcicos y ferroaluminatos tetracalcicos, Los cuales retrasan el calor de hidratación de la mezcla y genera el silicato hidratado que es un gel que cubre los poros y aporta resistencia [24].

Análisis Granulométrico de los Agregados

Agregados

Son los materiales que ocupan el mayor volumen de la mezcla el 75% de su composición, los cuales dan las capacidades mecánicas al concreto. Los agregados se dividen en dos tipos: finos y gruesos. Los agregados finos son aquellos que pasan por un tamiz N°4 de malla de 4,75 mm y se retienen en un tamiz N°200 de malla de 0,075 mm.

Propiedades:

Agregado Fino

Granulometría

Para realizar el análisis granulométrico necesitamos una distribución adecuada de partículas por su tamaño, para lo cual utilizaremos:

Tabla N°7. Granulometría – Agregado Fino

Tamiz	Cantidad de muestra
3/8"	100
N°4	95 - 100
N°8	80 - 100
N°16	50 - 85
N°30	25 - 60
N°50	5 - 30
N°100	0 - 10

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.012

Módulo de Fineza

Es el tamaño medio del total de partículas, se emplea haciendo una semejanza del porcentaje de agregado retenido y el módulo resultante debe estar entre los valores de 2.3 y 3.1:

$$MF = \frac{\sum \% \text{Retenidos. Acum. (3,1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100)}}{100}$$

Peso Especifico

Se determina con la relación de la masa seca y el material sumergido, para eso utilizaremos las siguientes ecuaciones para determinarlo

- a) Peso específico teórico

$$P_E^N = \frac{P.Sec}{P.Sec - P.Sum}$$

$$P.Sec = \text{Peso seco (g)}$$

$$P.Sum = \text{Peso sumergido (g)}$$

- b) Peso específico aparente

$$P_E^A = \frac{P.Sec}{P.H.S. - P.Sum}$$

$$P.Sec = \text{Peso seco (g)}$$

$$P.H.S. = \text{Peso humedo de secado superficial (g)}$$

$$P.Sum = \text{Peso sumergido (g)}$$

- c) Peso específico saturado superficialmente seco

$$P_E^{SS} = \frac{P.H.S.}{P.H.S. - P.Sum}$$

$$P.H.S. = \text{Peso humedo de secado superficial (g)}$$

$$P.Sum = \text{Peso sumergido (g)}$$

Peso Unitario Suelto Seco

Para la determinación de este ensayo se depositará el material suelto a 5 cm sin compactar hasta llenar por completo el molde, al final enrazamos con la mano y la ayuda de la varilla.

$$P.U.S.S. = \frac{P.Material}{Vol.Molde}$$

Peso Unitario Compactado Seco

Se realizará el proceso de llenado por 3 capas, cada una a una altura de un tercio de la altura del recipiente, cada capa será compactada con 25 golpes hechas por una varilla de metal de punta redondeada al final enrazamos con la mano y la ayuda de la varilla. Para determinar este dato se utilizará la siguiente formula.

$$P.U.C.S. = \frac{P. \text{Compac. Material}}{Vol. Molde}$$

Porcentaje de Absorción

Es el porcentaje de agua dentro del material, que aumenta el peso de la muestra seca.

$$\% \text{Absorción} = \frac{\text{SuperSec} - \text{Sec}}{\text{Sec}} * 100 (g)$$

$$\text{SuperSec} = \text{Muestra Superficialmente Seca (g)}$$

$$\text{Sec} = \text{Muestra Seca (g)}$$

Contenido de Humedad

Este ensayo se realiza pesando la muestra humedad y luego metiéndola al horno a una temperatura de 110°C por 1 día. Luego se tomará el peso de la muestra al pasar el día y se le resta al peso húmedo y se divide entre el peso seco para determinar el porcentaje de humedad como se muestra en la siguiente formula.

$$\%H = \frac{M. \text{Humedad} - M. \text{Seca}}{M. \text{Seca}} * 100$$

$$M. \text{Humedad} = \text{Muestra humeda (g)}$$

$$M. \text{Seco} = \text{Muestra seca (g)}$$

Agregado Grueso

Para realizar el análisis granulométrico deberemos tener en cuenta las cantidades mínimas de material para los ensayos, las cuales la obtendremos de la siguiente Tabla N°10

Tabla N°8. Muestras Mínimas para Granulometría - Grueso

Tamiz	Cantidad de muestra
3/8"	1
1/2"	2
3/4"	5
1"	10
1 1/2 "	15
2"	20
2 1/2 "	35
3"	60
3 1/2 "	100
4"	150
5"	300

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.012

También debemos tener en cuenta los requisitos que nos da la normativa, los cuales son los siguientes:

Tabla N°9. Condición Granulométrica del Agregado Grueso

TAMAÑO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS												
	100mm (4")	90mm (3½")	75mm (3")	63mm (2½")	50mm (2")	37.5mm (1½")	25mm (1")	19mm (¾")	12.5mm (½")	9.5mm (3/8")	4.75mm (N°4)	2.36mm (N°8)	1.18mm (N°16)
90 mm a 37.5 mm (3½" a 1½")	100	90 a 100	--	25 a 60	--	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--	--
63 mm a 37.5 mm (2½" a 1½")	--	--	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--	--
50 mm a 25 mm (2" a 1")	--	--	--	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--
50 mm a 4.75 mm (2" a N°4)	--	--	--	100	95 a 100	--	35 a 70	--	10 a 30	--	0 a 5	--	--
37.5 mm a 19 mm (1½" a ¾")	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--
37.5mm a 4.75mm (1½" a N°4)	--	--	--	--	100	95 a 100	--	35 a 70	--	10 a 30	0 a 5	--	--
25 mm a 12.5 mm (1" a ½")	--	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	--	--	--
25 mm a 9.5 mm (1" a 3/8")	--	--	--	--	--	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	--	--
25 mm a 4.75 mm (1" a N°4)	--	--	--	--	--	100	95 a 100	--	25 a 65	--	0 a 10	0 a 5	--
19 mm a 9.5 mm (¾" a 3/8")	--	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	--	--	--
19 mm a 4.75 mm (¾" a N°4)	--	--	--	--	--	100	90 a 100	--	20 a 55	0 a 10	0 a 5	--	--
12.5mm a 4.75mm (½" a N°4)	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	--	--
9.5mm a 2.38mm (3/8" a N°8)	--	--	--	--	--	--	--	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	--

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.012

Peso Especifico

Se determina con la relación de la masa seca y el material sumergido, para eso utilizaremos las siguientes ecuaciones para determinarlo

a) Peso específico teórico

$$P_E^N = \frac{P.Sec}{P.Sec - P.Sum}$$

$$P.Sec = \text{Peso seco (g)}$$

$$P.Sum = \text{Peso sumergido (g)}$$

b) Peso específico aparente

$$P_E^A = \frac{P.Sec}{P.H.S. - P.Sum}$$

$$P.Sec = \text{Peso seco (g)}$$

$$P.H.S. = \text{Peso humedo de secado superficial (g)}$$

$$P.Sum = \text{Peso sumergido (g)}$$

c) Peso específico saturado superficialmente seco

$$P_E^{SS} = \frac{P.H.S.}{P.H.S. - P.Sum}$$

$$P.H.S. = \text{Peso humedo de secado superficial (g)}$$

$$P.Sum = \text{Peso sumergido (g)}$$

Peso Unitario Suelto Seco

Para la determinación de este ensayo se depositará el material suelto a 5 cm sin compactar hasta llenar por completo el molde, al final enrazamos con la mano y la ayuda de la varilla.

$$P.U.S.S. = \frac{P.Material}{Vol.Molde}$$

Peso Unitario Compactado Seco

Se realizará el proceso de llenado por 3 capas, cada una a una altura de un tercio de la altura del recipiente, cada capa será compactada con 25 golpes hechas por una varilla de metal de punta redondeada, al final enrazamos con la mano y la ayuda de la varilla. Para determinar este dato se utilizará la siguiente formula.

$$P.U.C.S. = \frac{P. \text{Compac. Material}}{Vol. Molde}$$

Porcentaje de Absorción

Es el porcentaje de agua dentro del material, que aumenta el peso de la muestra seca.

$$\%Absorción = \frac{SuperSec - Sec}{Sec} * 100 (g)$$

$$SuperSec = \text{Muestra Superficialmente Seca (g)}$$

$$Sec = \text{Muestra Seca (g)}$$

Contenido de Humedad

Este ensayo se realiza pesando la muestra humedad y luego metiéndola al horno a una temperatura de 110°C por 1 día. Luego se tomará el peso de la muestra al pasar el día y se le resta al peso húmedo y se divide entre el peso seco para determinar el porcentaje de humedad como se muestra en la siguiente formula.

$$\%H = \frac{M. Humedad - M. Seca}{M. Seca} * 100$$

$$M. Humedad = \text{Muestra humeda (g)}$$

$$M. Seco = \text{Muestra seca (g)}$$

Materiales y métodos

Tipo de investigación

Esta investigación es experimental, donde se realizarán ensayos de laboratorio de especímenes de concreto que será expuesto a una solución de magnesio para evaluar el ataque de sulfatos, y sometido a compresión, para explorar el comportamiento mecánico y químico y posteriormente ser comparados con un diseño patrón.

Nivel de la investigación

Este proyecto de investigación tendrá un enfoque descriptivo, y se basará en describir la respuesta al ataque de sulfatos y resistencia a compresión de concretos elaborados con el reemplazo del cemento con ceniza de bagazo de caña de azúcar en porcentajes de 5%, 7% y 10%.

Material

Nuestro concreto está constituido por arena y piedra, Cemento Portland tipo I (Cementos Pacasmayo), agua potable y ceniza de bagazo de caña de azúcar

Población y muestra

Está formado por especímenes de concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$ con adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar y con diatomita.

Según la NTP 339.189 en el apartado 5.5, nos dice que el mínimo de especímenes ensayados son 3 por cada edad. Para esta investigación se realizarán un total de 81 probetas y 27 barras las cuales son:

Diseño experimental

Tabla N°10. Población de muestras Diatomita para resistencia a la compresión

Adición de Diatomita	Resistencia a compresión			TOTAL
	7 días	14 días	28 días	
5%	3 probetas	3 probetas	3 probetas	9 probetas
7%	3 probetas	3 probetas	3 probetas	9 probetas
10%	3 probetas	3 probetas	3 probetas	9 probetas

Fuente: Propia

Tabla N°11. Población de muestras CBCA para resistencia a la compresión

Adición de CBCA	Resistencia a compresión			TOTAL
	7 días	14 días	28 días	
5%	3 probetas	3 probetas	3 probetas	9 probetas
7%	3 probetas	3 probetas	3 probetas	9 probetas
10%	3 probetas	3 probetas	3 probetas	9 probetas

Fuente: Propia

Tabla N°12. Población Ceniza Volante para resistencia a la compresión

Ceniza Volante	Resistencia a compresión			TOTAL
	7 días	14 días	28 días	
5%	3 probetas	3 probetas	3 probetas	9 probetas
7%	3 probetas	3 probetas	3 probetas	9 probetas
10%	3 probetas	3 probetas	3 probetas	9 probetas

Fuente: Propia

Tabla N°13. Población de muestra Diatomita para ensayo de ataque de sulfatos

Reemplazo de Diatomita	Resistencia al ataque de los sulfatos
	120 días
5%	3 barras
7%	3 barras
10%	3 barras

Fuente: Propia

Tabla N°14. Población de muestra CBCA para ensayo de ataque de sulfatos

Reemplazo de CBCA	Resistencia al ataque de los sulfatos
	120 días
5%	3 barras
7%	3 barras
10%	3 barras

Fuente: Propia

Tabla N°15. Población Ceniza Volante para ensayo de ataque de sulfatos

Reemplazo de Ceniza Volante	Resistencia al ataque de los sulfatos
	120 días
5%	3 barras
7%	3 barras
10%	3 barras

Fuente: Propia

Variables operacionales

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICION CONCEPTUAL	UNIDADES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Variables Independientes	Es el producto resultante después de la calcinación de los residuos agroindustriales de la caña de azúcar	Porcentaje	Reemplazo en peso del cemento 5%, 7% y 10%	NTP 334.104 ASTM - 618 - 12
Ceniza de bagazo de caña de azúcar				
Diatomita	Es una roca sedimentaria de grano fino formado por esqueletos de animales marinos, plantas y caparazones, formadas por la acumulación por gravedad		Estructura química	
Ceniza volante	Este es un material producto de la combustión del carbón pulverizado utilizado en calderas de centrales termoeléctricas		Estructura mecánica	
Variables dependientes	Es la característica mecánica del concreto que permite soportar cargas en una determinada área	Kg/cm ²	Concreto f _c =280kg/cm ² elaborado con el	NTP 400.012 NTP 339.189
Variación de la resistencia a la compresión	Es el efecto causado al concreto por acción de las sales del medio, puede ser producidas por la humedad en suelos y por la brisa marina	mg/L	50 gr / L de Na ₂ SO ₄	NTP 334.094
Variación Económica	Es el costo de los insumos, mano de obra y maquinaria empleada en la elaboración de 1 m ³ de concreto	Sol peruano	Análisis de costos unitarios para la elaboración de 1 m ³ de concreto f _c =280kg/cm ²	Costos y presupuestos en edificaciones - CAPECO

Procedimiento

En el proyecto de investigación en la primera parte se recopiló información de materiales e insumos, que serían adicionados en la elaboración del concreto, se dio a conocer los ensayos necesarios para determinar las características físicas y mecánicas. En la segunda parte se ejecutaron los ensayos de compresión y durabilidad de las probetas patrón de concreto de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

Posteriormente se ensayaron diferentes testigos con adiciones de diatomita, ceniza de caña de azúcar y ceniza de alto horno, en proporciones de 5%, 7% y 10% de ambos insumos.

a) Identificación de las canteras para agregado fino y grueso

La selección de la cantera del agregado fino fue de la cantera La Victoria – Pátapo, por su calidad de material y la disponibilidad en la zona de trabajo.

Para el agregado grueso se escogió la cantera de Pacherras – Pucala, por la calidad y resistencia del material, y por la disponibilidad en la zona de trabajo

b) Elección más adecuada de las puzolanas

La selección de puzolana artificial fue la ceniza de bagazo de caña de azúcar, extraída de las instalaciones de la Empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A y se optó por elegir esta por la abundancia del material en la zona y por su accesibilidad.

Se selecciono como puzolana natural a la diatomita extraída de la cantera San José de Uzuña del distrito de Polobaya provincia de Arequipa. Se eligió este sitio por su fácil acceso y distribución del material.

La ceniza volante es obtenida de centrales eléctricas, son los desechos de la incineración del carbón a grandes temperaturas.

c) Elección del tipo de cemento más adecuado

Se tomará en cuenta la disposición del mercado de la zona, y se optó por el cemento Pacasmayo tipo I-

d) Análisis de las propiedades de la materia prima

Se realizará los ensayos de granulometría, peso unitario, peso específico, absorción y humedad para los dos tipos de agregados (fino y grueso).

Para las puzolanas se realizará un ensayo de finura con una muestra tamizada con el N°200.

e) Determinación del peso porcentual de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar, Diatomita y Ceniza volante en la mezcla

Para este procedimiento se tomarán en cuenta los porcentajes óptimos de los antecedentes de estos materiales y cuáles serían los mejores para hacer la comparación

f) Elaboración de la mezcla según las pautas de la norma ACI

Nos Ayudamos del método ACI, con los pasos establecidos para hacer el cálculo de los materiales necesarios para un concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$ y para condiciones moderadas de sulfatos.

g) Preparación de muestras cilíndricas conforme a estándares de normativa

Se procederá a ejecutar el diseño de mezcla en laboratorio, para la obtención de las probetas de ensayo, se realizarán 9 probetas en cada mezcladora.

Para la realización de las barras de mortero para resistencia a los sulfatos, se realizarán 3 por cada uno de los porcentajes de las puzolanas y se hacen juntamente 6 cubos de control para su ensayo de resistencia.

h) Curado de los especímenes cilíndricos para el muestreo

Los especímenes se curarán a edades de 7 días, 14 días y 28 días los que son para ensayos de resistencia a la compresión.

Para los ensayos de Resistencia a los Sulfatos se tomarán medidas cada semana hasta llegar a los 4 meses (1,2,3,4,5,6,8,10,12,14,16 semanas).

i) Realización de ensayos de resistencia a la compresión y ensayo de durabilidad en los especímenes

Los ensayos de resistencia a la compresión se realizaron de manera controlada, con probetas curadas cada 7 días, 14 días y 28 días para obtener las resistencias.

Los ensayos de resistencia a los sulfatos se realizaron curando las barras en solución de MgO, se tomará medidas de la expansión del mortero cada semana, hasta completar los 4 meses.

j) Análisis de Precios unitarios

Según el diseño de mezcla se realizará un análisis de precios unitarios, para calcular el valor económico de fabricación de los concretos adicionados con puzolanas, respecto a la ceniza de bagazo de caña de azúcar con las puzolanas comerciales (Diatomita y Ceniza Volante).

EJECUCIÓN DEL PROCEDIMIENTOS

Identificación de las canteras

Cantera La Victoria- Pátapo

Se hizo la visita a la cantera para la recolección de la arena gruesa, los cuales serán llevados directamente al laboratorio para hacer un análisis granulométrico para determinar la calidad del agregado de está cantera



Figura N°2. Visita a la cantera la Victoria - Pátapo

Cantera Pacherras – Pucala

Se hizo la visita correspondiente a la cantera para la obtención del agregado grueso, los cuales serán llevados al laboratorio para su posterior ensayo y determinación de sus características granulométricas.



Figura N°3. Visita a la cantera de Pacherras - Pucala

Análisis granulométrico de la Ceniza Bagazo de Caña de Azúcar

- Se toma una muestra (1 g) seca
- Se limpia y verifica los tamices (N°200 y N°325)
- Se hace un tamizado de manera manual del material pasado por la maya N°200
- Luego se procede a pesar el material retenido en este tamiz



Figura N°4. : Granulometría de la CBCA

- De esta muestra significativa, extraemos 1,0000 g de muestra



Figura N°5. Pesado de muestra con exactitud de 0.0005 g

- Preparamos el manómetro a 10 psi \pm 0.5 psi



Figura N°6. Preparación de manómetro a 10 lb/in²

- Colocamos la muestra de 1 g dentro del tamiz N°325 y con agua destilada dejamos reposar 1 minuto y luego pasamos a poner bajo el flujo de agua durante 1 minuto moviendo en forma circular.



Figura N°7. Lavado de muestra restante

- Finalmente, estos residuos ponemos a secar al horno y pesamos nuevamente y extraemos el dato obtenido

Tabla N°16. Ensayo Granulométrico Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar

Peso Inicio:		1.0000 g		
Tamiz	Peso Retenido (g)	Peso Retenido Acumulado (g)	% Retenido	% Retenido Max NTP 334.045
N°325	0.1272	0.1272	12.72%	34%
Fondo	0.9728	1.0000		
Total	1.0000			

Peso específico de masa

- ✓ Se tamiza una muestra de ceniza de bagazo de caña de azúcar de 60 g
- ✓ Luego de esto se prepara el recipiente con Querosene hasta la graduación de 0 ml



Figura N°8. Recipientes Preparados con Querosene y colocación de muestra CBCA

Fuente: Propia

- ✓ Procedemos a la colocación del material en el recipiente hasta que llegue a una marca graduada y tomaremos medida del material sobrante y de la marca en ml



Figura N°9. Muestra colocada y muestra sobrante

Fuente: Propia

- ✓ Luego de ser pesada la muestra excedente, se determina cuanta masa a entrado en el recipiente y posteriormente se calcula el peso específico tomando en cuenta la masa colocada final y volumen que marca de gradación.

Tabla N°17. Datos de CBCA para Peso Específico

Resultados	Formulas
Masa Inicial	60 g
Masa Sobrante	23 g
Masa Final	37 g
Volumen desplazado	24 cm ³
Peso Especifico	1.5416 g/cm ³
	1541.60 kg/m ³

Fuente: Propia

Contenido de humedad

Se obtuvieron tres muestras de ceniza de CBCA y se procedió a pesarlas. Posteriormente, se sometieron las muestras a un proceso de secado en el horno durante un periodo de 24 horas. Una vez transcurrido este tiempo, se retiraron las muestras del horno y se dejaron enfriar antes de ser pesadas nuevamente.



Figura N°10. Peso Humedo de CBCA

Fuente: Propia

Tabla N°18. CBCA Humedad

Muestra	Peso Húmedo	Peso Bandeja	Peso seco + Bandeja	Peso Seco	Humedad
1	60.24	173.58	233.82	60.04	0.33 %
2	60.11	173.61	233.72	59.94	0.28 %
3	60.15	173.55	233.70	59.96	0.32 %
				Prom.	0.31 %

Fuente: Propia

Análisis granulométrico de la Diatomita

La extracción de la diatomita fue por disponibilidad de un distribuidor se le pidió el producto, el cual fue extraído del distrito de Polobaya en Arequipa, específicamente de los alrededores de la laguna de San José de Uzuña.

- Se toma una muestra (1 g) seca
- Se limpia y verifica los tamices (N°200 y N°325)
- Se hace un tamizado de manera manual del material pasado por la maya N°200
- Luego se procede a pesar el material retenido en este tamiz



Figura N°11. Granulometría de Diatomita

- De esta muestra significativa, extraemos 1,0000 g de muestra

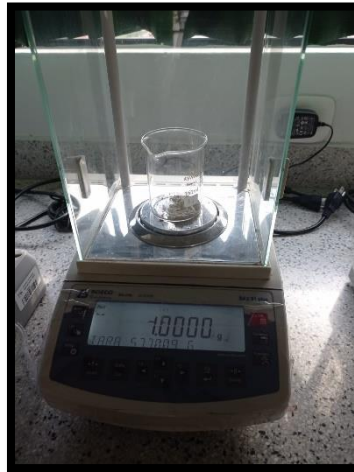


Figura N°12. Pesado de muestra con exactitud de 0.0005 g

- Preparamos el manómetro a 10 psi \pm 0.5 psi



Figura N°13. Preparación del manómetro a 10 lb/in²

- Colocamos la muestra de 1 g dentro del tamiz N°325 y con agua destilada dejamos reposar 1 minuto y luego pasamos a poner bajo el flujo de agua durante 1 minuto moviendo en forma circular.



Figura N°14. Lavado de muestra restante Diatomita

- Finalmente, estos residuos ponemos a secar al horno y pesamos nuevamente y extraemos el dato obtenido

Tabla N°19. Ensayo Granulométrico Diatomita

Peso Inicio:		1,0000 g		
Tamiz	Peso Retenido (g)	Peso Retenido Acumulado (g)	% Retenido	% Retenido Max ASTM C HUSO 33
N°325	0.0112	0.0112	1.12%	32.5%
Fondo	0.9888	1.0000		
Total	1.0000			

Fuente: Propia

Peso específico de masa

- ✓ Se tamiza una muestra de Diatomita de 60 g
- ✓ Luego de esto se prepara el recipiente con Querosene hasta la graduación de 0 ml



Figura N°15. Recipientes Preparados con Querosene y colocación de muestra Diatomita

Fuente: Propia

- ✓ Procedemos a la colocación del material en el recipiente hasta que llegue a una marca graduada y tomaremos medida del material sobrante y de la marca en ml



Figura N°16. Muestra colocada y muestra sobrante

Fuente: Propia

- ✓ Luego de ser pesada la muestra excedente, se determina cuanta masa a entrado en el recipiente y posteriormente se calcula el peso específico tomando en cuenta la masa colocada final y volumen que marca de gradación.

Tabla N°20. Datos de Diatomita para Peso Específico y Absorción

Resultados	Formulas
Masa Inicial	60 g
Masa Sobrante	20 g
Masa Final	40 g
Volumen desplazado	23 cm ³
Peso Especifico	1.7391 g/cm ³
	1739.10 kg/m ³

Fuente: Propia

Contenido de humedad

Se obtuvieron tres muestras de Diatomita y se procedió a pesarlas. Posteriormente, se sometieron las muestras a un proceso de secado en el horno durante un periodo de 24 horas. Una vez transcurrido este tiempo, se retiraron las muestras del horno y se dejaron enfriar antes de ser pesadas nuevamente.



Figura N°17. Peso Humedo de Diatomita

Fuente: Propia

Tabla N°21. Diatomita Humedad

Muestra	Peso Húmedo	Peso Bandeja	Peso seco + Bandeja	Peso Seco	Humedad
1	150.44	263.58	413.62	150.04	0.27 %
2	150.35	263.55	413.51	149.96	0.26 %
				Prom.	0.27 %

Fuente: Propia

Análisis granulométrico de la Ceniza Volante

- Se toma una muestra (1 g) seca
- Se limpia y verifica los tamices (N°200 y N°325)
- Se hace un tamizado de manera manual del material pasado por la maya N°200
- Luego se procede a pesar el material retenido en este tamiz



Figura N°18. Granulometría de Ceniza Volante

- De esta muestra significativa, extraemos 1,0000 g de muestra

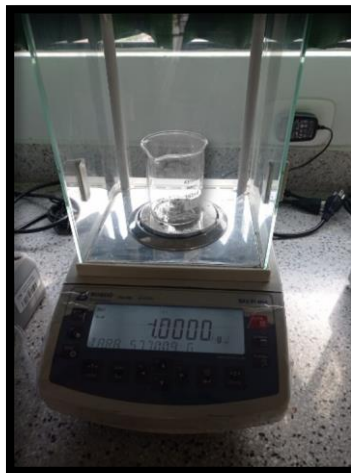


Figura N°19. Pesado de muestra con exactitud de 0.0005 g

- Preparamos el manómetro a 10 psi \pm 0.5 psi



Figura N°20. Preparación del manómetro a 10 lb/in²

- Colocamos la muestra de 1 g dentro del tamiz N°325 y con agua destilada dejamos reposar 1 minuto y luego pasamos a poner bajo el flujo de agua durante 1 minuto moviendo en forma circular.



Figura N°21. Lavado de muestra restante Diatomita

- Finalmente, estos residuos ponemos a secar al horno y pesamos nuevamente y extraemos el dato obtenido

Tabla N°22. Ensayo Granulométrico Ceniza Volante

Peso Inicio:		1.0000 g		
Tamiz	Peso Retenido (g)	Peso Retenido Acumulado (g)	% Retenido	% Retenido Max NTP 334.045
N°325	0.0126	0.0126	1.26	32.5%
Fondo	0.9874			
Total	1.0000			

Peso específico de masa

- ✓ Se tamiza una muestra de ceniza de bagazo de caña de azúcar de 60 g
- ✓ Luego de esto se prepara el recipiente con Querosene hasta la graduación de 0 ml

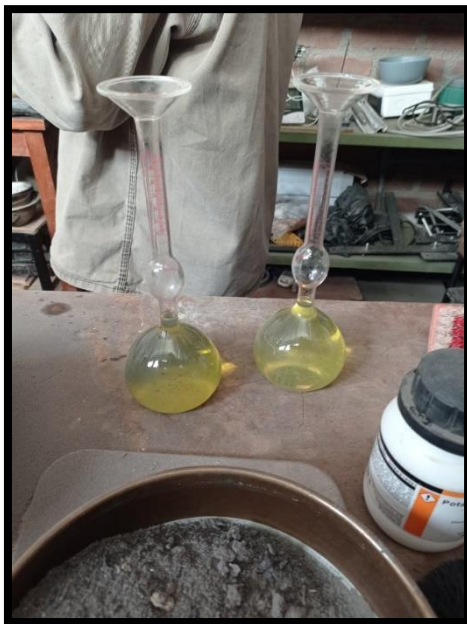


Figura N°22. Recipientes Preparados con Querosene y colocación de muestra Ceniza Volante

Fuente: Propia

- ✓ Procedemos a la colocación del material en el recipiente hasta que llegue a una marca graduada y tomaremos medida del material sobrante y de la marca en ml



Figura N°23. Muestra colocada y muestra sobrante

Fuente: Propia

- ✓ Luego de ser pesada la muestra excedente, se determina cuanta masa a entrado en el recipiente y posteriormente se calcula el peso específico tomando en cuenta la masa colocada final y volumen que marca de gradación.

Tabla N°23. Datos de Ceniza Volante para Peso Específico y Absorción

Resultados	Formulas
Masa Inicial	60 g
Masa Sobrante	15 g
Masa Final	45 g
Volumen desplazado	22 cm ³
Peso Especifico	2.045 g/cm ³
	2045.45 kg/m ³

Fuente: Propia

Contenido de humedad

Se obtuvieron tres muestras de ceniza volante y se procedió a pesarlas. Posteriormente, se sometieron las muestras a un proceso de secado en el horno durante un periodo de 24 horas. Una vez transcurrido este tiempo, se retiraron las muestras del horno y se dejaron enfriar antes de ser pesadas nuevamente.



Figura N°24. Peso Humedo de Ceniza Volante

Fuente: Propia

Tabla N°24. Ceniza Volante Humedad

Muestra	Peso Húmedo	Peso Bandeja	Peso seco + Bandeja	Peso Seco	Humedad
1	148.44	263.58	411.62	148.19	0.17 %
2	148.35	263.55	411.51	148.13	0.15 %
				Prom.	0.16 %

Fuente: Propia

Análisis granulométrico agregado grueso

- Se toma una muestra de ¾" (5000 g)
- Se limpia y verifica los tamices (1 ½, 1, ¾, 3/8, ¼ y N°4)
- Se hace un tamizado de manera manual con movimientos de arriba a abajo
- Luego se procede a pesar el material retenido en los tamices
- Anotamos los resultados obtenidos

Tabla N°25. Materiales Retenidos-Agregado Grueso

N° Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulados Retenido	% Que pasa Acumulados	HUSO 56
2"	50.00	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	100.0	100
1"	25.00	0.0	0.0	100.0	90 - 100
3/4"	19.00	34.2	34.2	65.8	40 - 85
1/2"	12.70	50.9	85.1	14.9	10 - 40
3/8"	9.52	10.2	95.3	4.7	0 - 15
N°4	4.75	4.1	99.4	0.6	0 - 5

Fuente propia

Tamaño máximo nominal es de ¾"

Curva granulométrica Agregado Grueso

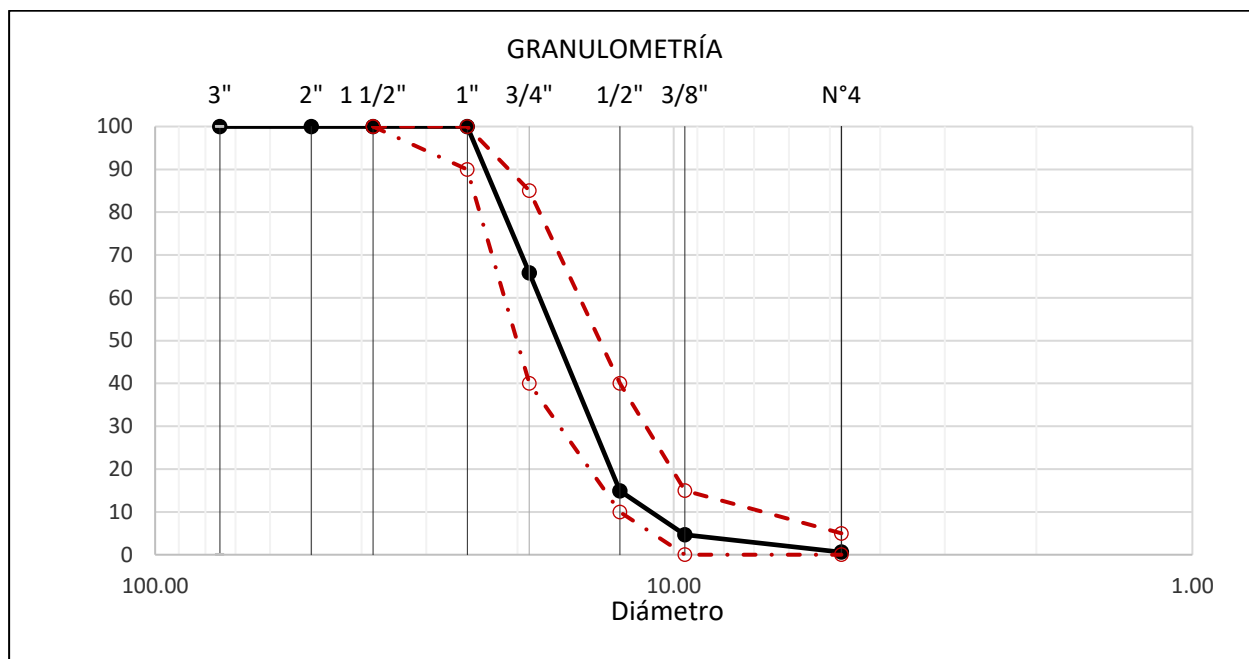


Figura N°25. Curva granulométrica–HUSO 56–N.T.P. 400.012/ASTM C-136

Fuente: Propia

Peso específico y absorción

- En primer lugar, se llevó a cabo el proceso de cuarteo hasta obtener una cantidad aproximada de 3 kg de agregado grueso. Para saturar la muestra, se mantuvo sumergida en agua durante 24 horas. Una vez transcurrido este tiempo, se acabó la muestra sumergida del agua y se sometió a un proceso de secado superficial utilizando un elemento absorbente.



Figura N°26. Secado superficial del agregado grueso

Fuente: Propia

- A partir de la muestra superficialmente seca, se extrajeron 2 kg y se colocaron en la bandeja previamente pesada.
- Se sujetó a la balanza electrónica por debajo de ella y se ató a esta una canasta para el agregado.
- Se procedió a pesar la canastilla estando sumergida y posteriormente, se coloca la muestra en la cesta y se pesa la cesta junto con la muestra sumergida.



Figura N°27. Peso sumergido del agregado grueso

Fuente: Propia

- Retiramos la cesta con el agregado y luego lo dejamos secar en el horno por 1 día (24h)
- Luego dejamos que la muestra quede a temperatura ambiente, la secamos y la pesamos

Tabla N°26. Datos de agregado grueso para Peso Específico y Absorción

Abreviatura Propia	Tipo de muestra	Muestra 1	Muestra 2
Sec	Peso M. Seca	2,075.20 g	2,073.00 g
SuperSec	Peso M. Superficialmente seca	2,090.00 g	2,090.00 g
PesSum	Peso de la M. sumergida	1,326.00 g	1,326.00 g
SumCes	Peso M. sumergida + cesta	2,364.00 g	2,364.00 g
CestaSum	Peso Cesta Sumergida	1,038.00 g	1,038.00 g

Fuente: Propia

Tabla N°27. Agregado Grueso Peso Específico y Absorción

Resultados	Formulas	Muestra 1	Muestra 2
Peso Especifico	$\frac{Sec}{SuperSec - PesSum}$	2.72 g/cm ³	2.71 g/cm ³
P.E. Aparente	$\frac{Sec}{Sec - PesSum}$	2.77 g/cm ³	2.78 g/cm ³
P.E. superficialmente seca	$\frac{SuperSec}{SuperSec - PesSum}$	2.74 g/cm ³	2.74 g/cm ³
Absorción	$\frac{SuperSec - Sec}{Sec}$	0.71%	0.82%
Peso Específico prom.	2.715 g/cm ³		
Absorción prom.	0.767%		

Fuente: Propia

Contenido de humedad

- Para este ensayo comenzamos pesando la bandeja sola, luego se procede a colocar la muestra húmeda sobre esta bandeja, procedemos a pesar la muestra con la bandeja. Terminando este procedimiento pasamos a dejarla secar en el horno por 1 días (24h) a una temperatura de 110°C. Pasado este tiempo se extrae la muestra del horno y se vuelve a pesar y así podremos determinar la cantidad de agua que se a evaporado.



Figura N°28. Agregado Grueso Humedad

Fuente: Propia

Tabla N°28. Agregado Grueso Humedad

Peso Húmedo	Peso Bandeja	Peso Humedo + Bandeja	Peso Seco + Bandeja	Peso Seco	Humedad
2965.52	369.2	3334.72	3323.72	2954.52	0.37%
2972.25	369.4	3341.65	3332.65	2963.25	0.30%
2967.12	371.3	3338.42	3328.42	2957.12	0.34%
				Prom.	0.34%

Fuente: Propia

Pesos unitarios secos sueltos

- Se selecciona una muestra de agregado grueso a través del cuarteo

- Después de dejarla secar en el horno por 1 día (24h) está lista para el ensayo
- Se procede a pesar el recipiente
- Llenamos el recipiente, al culminar enrazamos de manera manual



Figura N°29. Agregado Grueso Peso Unitario Seco Suelto

Fuente: Propia

Pesos unitarios secos compactado

- Se repite el procedimiento anterior, con la selección de la muestra con cuarteo, se deja secar por 1 día y se procede a realizar el ensayo.
- Luego de pesar el recipiente, se empieza a llenar el recipiente en capas de 1/3 de la altura del recipiente.
- Cada capa será varillada con 25 golpes, hasta terminar las 3 capas, al final será enrazada con la mano y la varilla.



Figura N°30. Agregado Grueso Peso Unitario Seco Suelto

Tabla N°29. Agregado Grueso Peso Unitario Seco Suelto

N°	Muestra	1	2	3
1°	Peso del mol. vacío	5,199.00 g	5,200.00 g	5,198.00 g
2°	Peso mol. + M.	23,449.00 g	23,500.00 g	23,598.00 g
3°	Peso de la M.	18,250.00 g	18,300.00 g	18,400.00 g
4°	Volumen del mol.	14,629.31 cm ³	14,629.31 cm ³	14,629.31 cm ³
5 = (2°-1°)/4°	Peso unitario suelto seco	1.247 g/cm ³	1.251 g/cm ³	1.258 g/cm ³
6°	P.U.S.S promedio	1.252 g/cm ³		

Fuente: Propia

Tabla N°30. Agregado Grueso Peso Unitario Seco Compactado

N°	Muestra	1	2	3
1°	Peso del mol. vacío	5,199.00 g	5,200.00 g	5,198.00 g
2°	Peso mol. + M.	25,649.00 g	25,600.00 g	25,648.00 g
3°	Peso de la M.	20,450.00 g	20,400.00 g	20,450.00 g
4°	Volumen del mol.	14,629.31 cm ³	14,629.31 cm ³	14,629.31 cm ³
5 = (2°-1°)/4°	Peso unitario suelto seco	1.398 g/cm ³	1.394 g/cm ³	1.398 g/cm ³
6°	P.U.S.C promedio	1.397 g/cm ³		

Fuente: Propia

Análisis granulométrico agregado fino

- Para empezar con este ensayo escogemos mediante el cuarteo una muestra de 3000 g
- Colocamos los tamices en orden (3/8", 4°, 8°, 16°, 30°, 50°, 100° y 200°)
- Luego procedemos a hacer un movimiento repetitivo de los tamices de arriba y abajo.
- Pasamos la muestra a bandejas y las pesamos

Tabla N°31. Granulometría-Agregado Fino

Malla		Masa	%	% Acumulado	% Acumulado
Pulg.	(mm.)	Retenido	Retenido	Retenido	Que pasa
3/8"	9.520	1.90	0.20	0.2	99.8
N° 4	4.750	35.92	3.83	4.0	96.0
N° 8	2.360	141.97	15.15	19.2	80.8
N° 16	1.180	218.96	23.37	42.6	57.4
N° 30	0.600	220.58	23.54	66.1	33.9
N° 50	0.300	140.69	15.02	81.1	18.9
N° 100	0.150	108.86	11.62	92.7	7.3
FONDO		68.08	7.27	100.0	0.0

Fuente: Propia

Tabla N°32. Materiales Retenido-Agrado Fino

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado	GRADACIÓ N "C"
Pulg.	(mm.)				
3/8"	9.520	0.2	0.2	99.8	100
N° 4	4.750	3.8	4.0	96.0	95 - 100
N° 8	2.360	15.2	19.2	80.8	80 - 100
N° 16	1.180	23.4	42.6	57.4	50 - 85
N° 30	0.600	23.5	66.1	33.9	25 - 60
N° 50	0.300	15.0	81.1	18.9	10 - 30
N° 100	0.150	11.6	92.7	7.3	2 - 10

Fuente: Propia

Curva granulométrica Agregado Fino

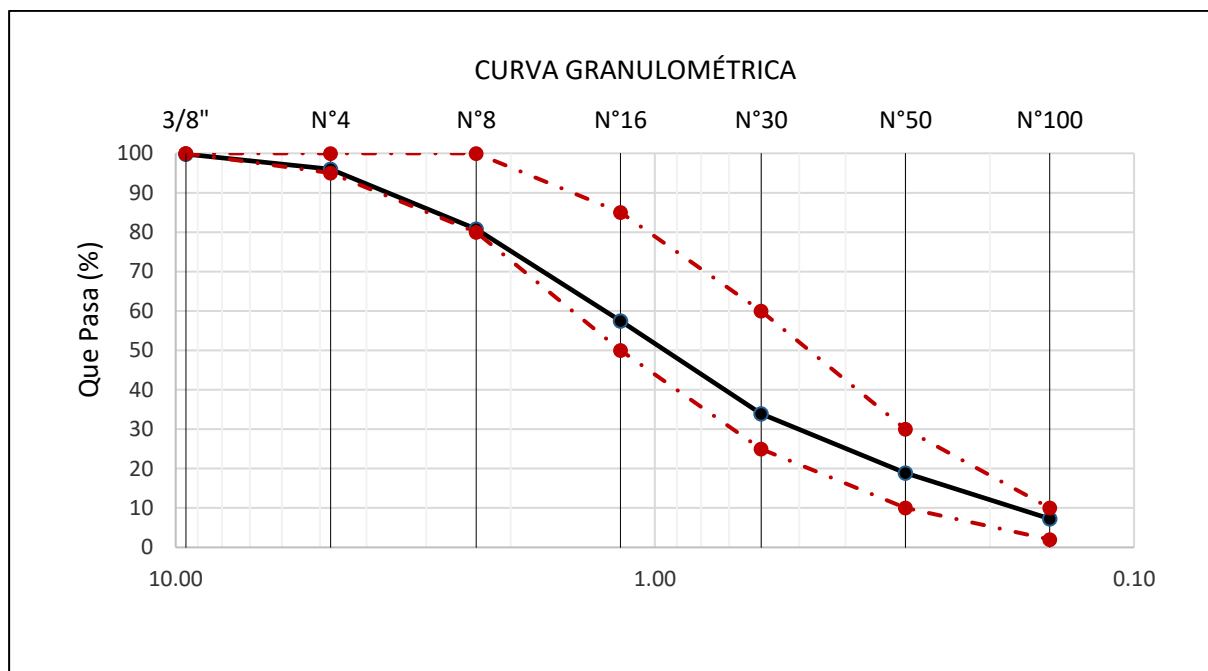


Figura N°31. Curva granulométrica – HUSO X – ASTM C-33

Fuente: Propia

Módulo de fineza

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

$$MF = 3.06$$

Peso específico y absorción

- Una muestra de 1500 g dejamos sumergida por aproximadamente un día \pm 4 horas
- Luego con la ayuda de una espátula procedemos a esparcir en la bandeja, y pesamos para obtener el dato de agregado fino superficialmente seco
- Luego verificamos si la muestra se encuentra en la condición de superficialmente seca, se coloca material en un cono, luego con una barra compactamos por capas de una altura 1/3 de la alto del cono, luego al ser retirado el material se desmorona y si queda 1/3 de todo el volumen del material, estaríamos confirmando que se encuentra en el estado de superficialmente seco.



Figura N°32. Agregado Fino Superficialmente Seco

Fuente: Propia

- Luego de toda esa muestra seleccionamos 500 g en esta condición
- Pesamos la fiola y luego colocamos el material (500 g) y llenamos con agua hasta la marca, luego lo dejamos reposando por unos 5 minutos.
- Procedemos a agitar la fiola por unos 20 minutos.

- Cuando la muestra libere todo el aire que a contenido, luego colocamos más agua hasta llegar a la marca de la fiola.



Figura N°33. : Muestra en Fiola

Fuente: Propia

- ✓ Luego todo este material se deja secar al horno por 1 día (24h) y luego de retirarlo pasamos a pesar la muestra para obtener el peso seco



Figura N°34. Agregado Fino Seco

Fuente: Propia

Tabla N°33. : Datos de Agregado Fino para Peso Específico y Absorción

Abreviatura Propia	Tipo de muestra	Muestra 1	Muestra 2
Sec	Peso M. Seca (g)	493.9	493.5
SuperSec	Peso M. Superficialmente seca (g)	500	500
PesFio	Peso de la fiola (g)	170	213.5
SumFio	Peso F. aforado + muestra + agua (g)	975.1	1014.3
Vol	Capacidad de la fiola aforada (cm ³)	500	500
AguaAñ	Agua añadida a la fiola (cm ³)	305.1	300.8

Fuente: Propia

:

Tabla N°34. Agregado Fino Peso Específico y Absorción

Resultados	Formulas	Muestra 1	Muestra 2
Peso Especifico	$\frac{Sec}{Vol - AguaAñ}$	2.53 g/cm ³	2.48 g/cm ³
P.E. Aparente	$\frac{Sec}{(Vol - AguaAñ) - (SuperSec - Sec)}$	2.62 g/cm ³	2.56 g/cm ³
P.E. superficialmente seca	$\frac{SuperSec}{Vol - AguaAñ}$	2.57 g/cm ³	2.51 g/cm ³
Absorción	$\frac{SuperSec - Sec}{Sec}$	1.24 %	1.32 %

Fuente: Propia

Contenido de humedad

Tabla N°35. : Agregado Fino Humedad

Muestra	Peso Húmedo	Peso Bandeja	Peso Humedo + Bandeja	Peso Seco + Bandeja	Peso Seco	Humedad
1	500	369.2	869.2	843.2	474.0	5.49%
2	500	369.4	869.4	844.4	475.0	5.26%
3	500	371.3	871.3	844.3	473.0	5.71%
					Prom.	5.49%

Fuente: Propia

Pesos unitarios secos sueltos

- Se selecciona el agregado mediante un cuarteo de nuestra muestra seca.
- Pesamos el recipiente y luego sacamos el volumen de este recipiente cilíndrico
- Llenamos el recipiente en tres fases, cada una a un tercio de la altura del recipiente y al finalizar enrasamos.



Figura N°35. Agregado Fino Peso Unitario Suelto Seco

Fuente: Propia

Pesos unitarios secos compactado

- Se selecciona el agregado mediante un cuarteo de nuestra muestra seca.
- Pesamos el recipiente y luego sacamos el volumen de este recipiente cilíndrico
- Llenamos el recipiente en tres fases, cada una a un tercio de la altura del recipiente compactaremos con una varilla de 5/8" con 25 golpes, al finalizar enrasamos y pesamos



Figura N°36. Agregado Fino Peso Unitario Seco Compactado

Fuente: Propia

Tabla N°36. Agregado Fino Peso Unitario Seco Suelto

N°	Muestra	1	2	3
1°	Peso del mol. vacío	5,199.00 g	5,200.00 g	5,198.00 g
2°	Peso mol. + M.	26,949.00 g	26,520.00 g	26,298.00 g
3°	Peso de la M.	21,750.00 g	21,320.00 g	21,100.00 g
4°	Volumen del mol.	14,629.31 cm ³	14,629.31 cm ³	14,629.31 cm ³
5 = (2°-1°)/4°	Peso unitario suelto seco	1.487 g/cm ³	1.457 g/cm ³	1.442 g/cm ³
6°	P.U.S.S promedio	1.462 g/cm ³		

Fuente: Propia

Tabla N°37. : Agregado Fino Peso Unitario Seco Compactado

N°	Muestra	1	2	3
1°	Peso del mol. vacío	5,199.00 g	5,200.00 g	5,198.00 g
2°	Peso mol. + M.	25,649.00 g	25,600.00 g	25,648.00 g
3°	Peso de la M.	22,810.00 g	23,280.00 g	23,450.00 g
4°	Volumen del mol.	14,629.31 cm ³	14,629.31 cm ³	14,629.31 cm ³
5 = (2°-1°)/4°	Peso unitario suelto seco	1.559 g/cm ³	1.591 g/cm ³	1.603 g/cm ³
6°	P.U.S.C promedio	1.584 g/cm ³		

Fuente: Propia

Elección del tipo de cemento más adecuado

Por la disponibilidad utilizaremos el cemento Pacasmayo portland Tipo I, este es uno de los más utilizados y comercializados en la zona de Chiclayo.

Como dato de la empresa tenemos el peso específico que es 3.10 g/cm³

Elaboración de la mezcla según las pautas de la norma ACI

Esta norma nos da unas pautas para la elaboración de concreto por m³, empleando una serie de tablas estandarizadas. Tener en cuenta que influirá el criterio del diseñador para su elaboración.

1er paso: Elegir la Resistencia promedio

Primero determinamos esta resistencia con f'_{cr} según la resistencia que solicitemos. Elegimos el segundo caso que esta el rango de 280 que necesitamos, este cuadro nos ayuda a determinarlo siempre y cuando no tengamos ensayos previos, que nos brinde una desviación estándar confiable, por eso nos ayudaremos de la siguiente tabla.

Tabla N°38. : Agregado Fino Peso Unitario Seco Compactado

f'_c	$f'_{cr} = f'_c + r$ (r)
< 210	+70
210 – 350	+84
>350	+98

Fuente: Método ACI

2do paso: Elegimos el tamaño máximo nominal

Este será determinado con la granulometría

3ro paso: Escogemos el asentamiento de nuestra mezcla (Slump)

Según el asentamiento deseado se selecciona, en nuestro caso por los antecedentes que quita trabajabilidad elegimos una consistencia plástica.

Tabla N°39. : Consistencia y Asentamiento

Consistencia	Asentamiento
Cons. Seca	0" a 2"
Cons. Plástica	3" a 4"
Cons. Fluida	$\geq 5"$

Fuente: Método ACI

4to paso: Determinamos el contenido de Aire

Según el Tamaño Máximo Nominal nos ayudamos de la siguiente tabla:

Tabla N°40. : Aire Atrapado según el TMN

TMN del AG	Aire Atrapado
3/8 pulg	3.0 %
1/2 pulg	2.5 %
3/4 pulg	2.0 %
1 pulg	1.5 %
1 1/2 pulg	1.0 %
2 pulg	0.5 %
3 pulg	0.3 %
6 pulg	0.2 %

Fuente: Método ACI

5to paso: Elección del volumen de agua a utilizar

Se eligió la cantidad de 216 Lts/m³

Tabla N°41. : Agua por m³

Asentamiento	Agua, Lts/m ³ , para TNM de agregado grueso y consistencia							
	3/8 pulg	½ pulg	¾ pulg	1 pulg	1 ½ pulg	2 pulg	3 pulg	6 pulg
Concreto sin aire incorporado								
1 pulg a 2 pulg	207.0	199.0	190.0	179.0	166.0	154.0	130.0	113.0
3 pulg a 4 pulg	228.0	216.0	205.0	193.0	181.0	169.0	145.0	124.0
6 pulg a 7 pulg	243.0	228.0	216.0	202.0	190.0	178.0	160.0	-
Concreto con aire incorporado								
1 pulg a 2 pulg	181.0	175.0	168.0	160.0	150.0	142.0	122.0	107.0
3 pulg a 4 pulg	202.0	193.0	184.0	175.0	165.0	157.0	133.0	119.0
6 pulg a 7 pulg	216.0	205.0	197.0	184.0	174.0	166.0	154.0	-

Fuente: Método ACI

6to paso: Escogemos la relación agua / material cementante

Debido a que nuestro concreto será elaborado para condiciones de exposición de sulfatos, utilizaremos el primer criterio de 0.50 a/mc, correspondiente a nuestro concreto de 280 kg/cm²

Tabla N°42. Relación a/mc para condiciones especiales de exposición

Condiciones de Exposición	Relación máxima para concreto	f'c _{min}
Concreto que se pretende tenga baja permeabilidad en exposición al agua	0.50 = agua/material cementante	280 kg/cm ²
Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo en confición húmeda o a productos químicos descongelantes	0.45 = agua/material cementante	310 kg/cm ²

Para proteger de la corrosión el refuerzo de acero cuando el concreto está expuesto a cloruros provenientes de productos de descongelantes, sal, agua, salobre, agua de mar o a salpicaduras del mismo origen	0.40 = agua/material cementante	350 kg/cm ²
---	---------------------------------	------------------------

Fuente: Método ACI

Determinación del método peso equivalente de cenizas para el uso de la CBCA, diatomita y ceniza de alto horno

El ACI tiene en consideración las cenizas como reemplazo parcial del cemento, por lo que tiene un método de como determinar este peso o volumen.

El contenido de ceniza se calcula a partir de volumen del material cemento, con esto el ACI nos da una manera de como calcular esa ceniza, basándose en la a/mc establecida, y nos da la siguiente formulación:

$$V_{Ceniza} = \frac{1}{1 + \left(\frac{PE_{Ceniza}}{PE_{Cemento}}\right) * \left(\frac{1}{P_{Masa.Puzolana}} - 1\right)}$$

$PE_{Cemento}$ = Peso Especifico de masa del cemento

$PE_{Puzolana}$ = Peso Especifico de masa del Puzolana

$V_{Puzolana}$ = Porcentaje de Volumen de las Puzolana

$P_{Masa.Puzolana}$ = Porcentaje de masa de las Puzolana

También podemos trabajar con esta fórmula para determinar por peso

$$\frac{Agua (m^3)}{Cemento (kg) + Puzolana (kg)} = \frac{1}{\frac{1}{a/c} * +0.1846 * P_{Masa.Puzolana}(kg/m^3)}$$

7mo paso: Calculo del factor cemento

Determinamos a partir del agua de diseño, la relación a/mc y despejamos para encontrar la cantidad de cemento necesario

8vo paso: Calculamos el agregado grueso

Calcularemos con la ayuda de la siguiente tabla estandarizada:

Tabla N°43. Relación de b/b0

TMN del AG	Volumen del agregado seco y compactado por unidad de volumen de concreto para diversos Módulos de Fineza del fino (b/b0)			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8 pulg	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2 pulg	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4 pulg	0.66	0.64	0.62	0.60
1 pulg	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2 pulg	0.76	0.74	0.72	0.70
2 pulg	0.78	0.76	0.74	0.72
3 pulg	0.81	0.79	0.77	0.75
6 pulg	0.87	0.85	0.83	0.81

*Al determinar la relación b/b0, para determinar el agregado grueso, multiplicamos esta relación por el PUSC del agregado grueso.

9no paso: Calculo de los Volúmenes absolutos de los Materiales y determinación del agregado fino

Conociendo todos los datos menos el agregado fino, se realiza una sumatoria de todos estos y se le resta a 1 m³ para determinar el peso del agregado fino.

$$Vol. Abs. AgregadoFino = 1 - Vol. Absoluto de la pasta$$

$$Vol. Abs. agregadoFino = Vol. Absoluto agregados * \%Ag. Fino$$

$$Vol. Abs. agregadoGrueso = Vol. Absoluto agregados * (1 - \%Ag. Fino)$$

10mo paso: Determinación de los pesos secos de los agregados

$$Peso Ag. Fino (kg/cm3) = (Vol. Absoluto del Ag. Fino) * (Peso espefico del Ag. Fino)$$

$$Peso Ag. Fino (kg/cm3) = (Vol. Absoluto del Ag. Fino) * (Peso espefico del Ag. Grueso)$$

11ro paso: Determinación de los Pesos Húmedos

Al ser calculado las dosificaciones en el estado seco, se determina la corrección por humedad multiplicando por la diferencia de humedad y absorción.

Luego de tener todos estos datos pasamos a dividir a todos estos pesos entre el peso del material cementante.

$$\text{Peso A. G. húmedo (kg)} = (\text{Peso A. G. seco}) * \left(1 + \frac{\%H_G}{100}\right)$$

$$\text{Peso A. F. húmedo (kg)} = (\text{Peso A. F. seco}) * \left(1 + \frac{\%H_F}{100}\right)$$

$$\text{Peso Ceniza. húmedo (kg)} = (\text{Peso Ceniza seco}) * \left(1 + \frac{\%H_C}{100}\right)$$

Luego determinamos el agua efectiva

$$\text{Agua A. G. (kg)} = (\text{Peso A. G. seco}) * \left(\frac{\%H_G - \%A_G}{100}\right)$$

$$\text{Agua A. F. (kg)} = (\text{Peso A. G. seco}) * \left(\frac{\%H_F - \%A_F}{100}\right)$$

$$\text{Agua Ceniza (kg)} = (\text{Peso Ceniza seco}) * \left(\frac{\%H_C - \%A_C}{100}\right)$$

$$\text{Agua efectiva (lts)} = A. \text{Diseño} - (A. A. G + A. A. F + A. Ceniza)$$

12do paso: Dosificación:

Cemento: Ceniza Agregado Fino Agregado Grueso / Agua

$$\frac{P. \text{Cemento}}{P. \text{Cemento}} : \frac{P. \text{Ceniza}}{P. \text{Cemento}} : \frac{P. A. F}{P. \text{Cemento}} : \frac{P. A. G}{P. \text{Cemento}} / \frac{\text{Agua Efectiva}}{P. \text{Cemento}}$$

13ro paso: Proporciones en volumen

$$\text{Cemento: Vol. Cemento (m}^3\text{)} = \frac{P. \text{Cemento (kg)}}{P. U. \text{Cemento (3100 kg/m}^3\text{)}}$$

$$\text{Cemento: Vol. Agregado Fino (m}^3\text{)} = \frac{P. \text{Cemento (kg)}}{P. U. A. F. \text{Humedo (kg/m}^3\text{)}}$$

$$\text{Cemento: Vol. Agregado Fino (m}^3\text{)} = \frac{P. \text{Cemento (kg)}}{P. U. A. G. \text{Humedo (kg/m}^3\text{)}}$$

$$\text{Cemento: Vol. Ceniza (m}^3\text{)} = \frac{P. \text{Cemento (kg)}}{P. U. \text{Ceniza (kg/m}^3\text{)}}$$

$$\text{Agua} \left(\frac{\text{lts}}{\text{bls}}\right) = \frac{\text{Cantidad de agua por m}^3}{\frac{P. \text{Cemento por m}^3}{\text{Peso Cemento por bolsa (42.5 kg)}}}$$

$$\text{Cemento: Vol. Cemento (m}^3\text{)} = \frac{P. \text{Cemento (kg)}}{P. U. \text{Cemento (3100 kg/m}^3\text{)}}$$

Las proporciones en volumen serán:

Cemento: Ceniza: Agregado Fino: Agregado Grueso / Agua

$$\frac{\text{Vol. Cemento}}{\text{Vol. Cemento}} : \frac{\text{Vol. Ceniza}}{\text{Vol. Cemento}} : \frac{\text{Vol. A. F}}{\text{Vol. Cemento}} : \frac{\text{Vol. A. G}}{\text{Vol. Cemento}} / \text{Agua (lts/bls)}$$

CÁLCULOS Y DISEÑOS PARA LAS MUESTRAS A ANALIZAR

Cálculos de dosificación por el método ACI 211

Tabla N°44. Diseño de mezcla patrón

Diseño de Mezcla			
ACI 211		Fecha de Vaciado	23/03/2023
Datos			
f _c	280	Cemento	Pacasmayo Tipo I
Contenido de aire	2%	Slump	2"-4"
Número de Probetas		9	
Ceniza		Cemento	27.05 kg
Procedencia	-	Puzolana	0.00 kg
Porcentaje	0 %	Agua	10.28 Lts
Peso Especifico	0.00 kg/cm ³	Agregado Fino	31.39 kg
Humedad	0 %	Agregado Grueso	59.74 kg
Absorción	0 %	Relacion a/mc	0.38

Tabla N°45. Diseño de mezcla con 5% de reemplazo de CBCA

Diseño de Mezcla			
ACI 211		Fecha de Vaciado	23/03/2023
Datos			
f _c	280	Cemento	Pacasmayo Tipo I
Contenido de aire	2%	Slump	2"-4"
Número de Probetas		9	
Ceniza		Cemento	25.70 kg
Procedencia	-	Puzolana	1.35 kg
Porcentaje	5 %	Agua	11.05 Lts
Peso Especifico	1.54 g/cm ³	Agregado Fino	31.39 kg
Humedad	0.10 %	Agregado Grueso	59.74 kg
Absorción	0.31 %	Relacion a/mc	0.43

Tabla N°46. Diseño de mezcla con 5% de reemplazo de Diatomita

Diseño de Mezcla			
ACI 211		Fecha de Vaciado	23/03/2023
Datos			
f _c	280	Cemento	Pacasmayo Tipo I
Contenido de aire	2%	Slump	2"-4"
Número de Probetas		9	
Ceniza		Cemento	25.70 kg
Procedencia	-	Puzolana	1.35 kg
Porcentaje	5 %	Agua	11.05 Lts
Peso Especifico	1.74 g/cm ³	Agregado Fino	31.38 kg
Humedad	0.27 %	Agregado Grueso	59.74 kg
Absorción	-	Relacion a/mc	0.43

Tabla N°47. Diseño de mezcla con 5% de reemplazo de Ceniza Volante

Diseño de Mezcla			
ACI 211		Fecha de Vaciado	23/03/2023
Datos			
f _c	280	Cemento	Pacasmayo Tipo I
Contenido de aire	2%	Slump	2"-4"
Número de Probetas		9	
Ceniza		Cemento	25.70 kg
Procedencia	-	Puzolana	1.35 kg
Porcentaje	5 %	Agua	11.05 Lts
Peso Especifico	2.05 g/cm ³	Agregado Fino	31.36 kg
Humedad	0.16 %	Agregado Grueso	59.74 kg
Absorción	-	Relacion a/mc	0.43

Tabla N°48. Diseño de mezcla con 7% de reemplazo de CBCA

Diseño de Mezcla			
ACI 211		Fecha de Vaciado	23/03/2023
Datos			
f _c	280	Cemento	Pacasmayo Tipo I
Contenido de aire	2%	Slump	2"-4"
Número de Probetas		9	
Ceniza		Cemento	25.16 kg
Procedencia	-	Puzolana	1.89 kg
Porcentaje	7 %	Agua	10.82 Lts
Peso Especifico	1.54 g/cm ³	Agregado Fino	31.39 kg
Humedad	0.31 %	Agregado Grueso	59.74 kg
Absorción	-	Relacion a/mc	0.43

Tabla N°49. Diseño de mezcla con 7% de reemplazo de Diatomita

Diseño de Mezcla			
ACI 211		Fecha de Vaciado	23/03/2023
Datos			
f'c	280	Cemento	Pacasmayo Tipo I
Contenido de aire	2%	Slump	2"-4"
Número de Probetas		9	
Ceniza		Cemento	25.16 kg
Procedencia	-	Puzolana	1.89 kg
Porcentaje	7 %	Agua	10.82 Lts
Peso Especifico	1.74 g/cm ³	Agregado Fino	31.38 kg
Humedad	0.27 %	Agregado Grueso	59.74 kg
Absorción	-	Relacion a/mc	0.43

Tabla N°50. Diseño de mezcla con 7% de reemplazo de Ceniza Volante

Diseño de Mezcla			
ACI 211		Fecha de Vaciado	23/03/2023
Datos			
f'c	280	Cemento	Pacasmayo Tipo I
Contenido de aire	2%	Slump	2"-4"
Número de Probetas		9	
Ceniza		Cemento	25.16 kg
Procedencia	-	Puzolana	1.89 kg
Porcentaje	7 %	Agua	10.82 Lts
Peso Especifico	2.05 g/cm ³	Agregado Fino	31.36 kg
Humedad	0.16 %	Agregado Grueso	59.74 kg
Absorción	-	Relacion a/mc	0.43

Tabla N°51. Diseño de mezcla con 10% de reemplazo de CBCA

Diseño de Mezcla			
ACI 211		Fecha de Vaciado	23/03/2023
Datos			
f _c	280	Cemento	Pacasmayo Tipo I
Contenido de aire	2%	Slump	2"-4"
Número de Probetas		9	
Ceniza		Cemento	24.35 kg
Procedencia	-	Puzolana	2.71 kg
Porcentaje	10 %	Agua	10.47 Lts
Peso Especifico	1.54 g/cm ³	Agregado Fino	31.39 kg
Humedad	0.10 %	Agregado Grueso	59.74 kg
Absorción	0.31 %	Relacion a/mc	0.43

Tabla N°52. Diseño de mezcla con 10% de reemplazo de Diatomita

Diseño de Mezcla			
ACI 211		Fecha de Vaciado	23/03/2023
Datos			
f _c	280	Cemento	Pacasmayo Tipo I
Contenido de aire	2%	Slump	2"-4"
Número de Probetas		9	
Ceniza		Cemento	24.35 kg
Procedencia	-	Puzolana	2.71 kg
Porcentaje	10 %	Agua	10.47 Lts
Peso Especifico	1.74 g/cm ³	Agregado Fino	31.38 kg
Humedad	0.27 %	Agregado Grueso	59.74 kg
Absorción	-	Relacion a/mc	0.43

Tabla N°53. Diseño de mezcla con 10% de reemplazo de Ceniza Volante

Diseño de Mezcla			
ACI 211		Fecha de Vaciado	23/03/2023
Datos			
f'c	280	Cemento	Pacasmayo Tipo I
Contenido de aire	2%	Slump	2"-4"
Número de Probetas		9	
Ceniza		Cemento	24.35 kg
Procedencia	-	Puzolana	2.71 kg
Porcentaje	10 %	Agua	10.47 Lts
Peso Especifico	2.05 g/cm ³	Agregado Fino	31.37 kg
Humedad	0.16 %	Agregado Grueso	59.74 kg
Absorción	-	Relacion a/mc	0.43

RESULTADOS

Ensayos Concreto-Fresco

Asentamiento (Slump) (NTP 339.035)

Tomamos una muestra del concreto, colocamos en el molde en forma de cono truncado con aberturas en ambas bases, luego compactaremos con una varilla de punta redondeada. Al retirar el molde de manera vertical, la mezcla tenderá a asentarse de manera vertical de su posición inicial y con esto desplazando la base superior, se tomará medida de este desplazamiento de dicho concreto.

Equipamiento

- ✓ Cono de Abrams: de características tendrá de 1.14 m de espesor, agarraderas de manos y sujetadores de pies para un correcto fije en la superficie
- ✓ Varilla para compactación: de 60 cm y una punta redondeada de 8mm de radio
- ✓ Cinta métrica o Regla
- ✓ Cucharón

Procedimiento

- ✓ Colocar el cono sobre una superficie sin desniveles o una plancha plana.
- ✓ Sujetar con los pies el molde mientras se está llenando.
- ✓ Se llena en 3 capas, cada una con una altura del 1/3 de la altura del cono.
- ✓ Compactaremos por capas con 25 golpes, en cada una de las capas
- ✓ Al llenar por completo enrazamos con la varilla
- ✓ Luego procedemos a retirar el cono de manera vertical de una manera cuidadosa
- ✓ Tomaremos medidas del asentamiento que tenga, con la diferencia de alturas que tenga el molde y la base superior de la mezcla, normalmente se toma desde el centro de esta base desplazada



Figura N°37. Medida del Asentamiento de mezcla CBCA

Fuente: Propia

Resultados de mediciones

En la siguiente tabla se mostrará los datos obtenidos

Tabla N°54. Datos de Asentamiento

ASENTAMIENTO (pulg)				
% Puzolana	Muestra Patrón	CBCA	DIATOMITA	CENIZA VOLANTE
0 %	3 ½			
5 %		3 ¼	3	3
7 %		3	2 ½	2 ½
10 %		2 ½	2	2

Fuente: Propia

Peso Unitario (NTP 220.046)

Con este ensayo determinamos la densidad del concreto, se puede calcular dividiendo su masa con su volumen del recipiente o molde.

Equipamiento

- ✓ Molde cilíndrico: Impermeable, rígido y su volumen este calibrado.
- ✓ Balanza electrónica: Con aprox. de 0.10 g

- ✓ Varilla para compactación: de 60 cm y una punta redondeada de 8mm de radio
- ✓ Martillo de goma

Procedimiento

- ✓ Se toma de dato el peso del molde en estado humedecido
- ✓ Se determina el volumen del molde
- ✓ Llenado y compactado del material, se realiza en 3 capas, cada una con una altura de 1/3 de la altura total del molde, cada capa será golpeada 4 veces con el martillo de goma por cada lado para liberar los vacíos.
- ✓ La última capa se debe sobrellenar para realiza el compactado y posterior a eso enrazar la mezcla.
- ✓ Se limpia el molde del material excedente y se pesa el molde lleno



Figura N°38. Medición del Peso de la muestra de Concreto de CBCA

Fuente: Propia

Resultados

Para determinar el Peso Unitario del concreto vamos a utilizar la siguiente formula.

$$P. U (Kg/m^3) = \frac{(Peso\ del\ molde\ lleno) - (Peso\ del\ molde\ vacío)}{Vol. Molde}$$

La siguiente tabla muestra el cálculo de pesos unitarios de todas las dosificaciones

Tabla N°55. Pesos Unitarios – Concretos con CBCA, Diatomita, Ceniza Volante

P.U. (kg/m ³)				
% Puzolana	Muestra Patrón	CBCA	DIATOMITA	CENIZA VOLANTE
0 %	2308.00			
5 %		2316.00	2316.00	2316.00
7 %		2324.00	2324.00	2324.00
10 %		2350.00	2350.00	2350.00

Fuente: Propia

Control de Temperatura (NTP 339.184)

- ✓ Esta es producida por el calor de hidratación de cemento reaccionando con el agua, y es esta energía la que se mide, la que es liberada hacia el ambiente.

Equipamiento

- ✓ Recipiente de características que no sea absorbente
- ✓ Termómetro con exactitud de 0.5°C

Procedimiento

- ✓ Se colca el termómetro haciendo un poco de presión dentro de la muestra de concreto en estado fresco, sumergido unos 7.5 cm.
- ✓ La lectura se tomará luego de dejar el termómetro unos 120 segundos.



Figura N°39. Lectura de temperatura de muestra de concreto

Fuente: Propia

Resultados

En la siguiente tabla tenemos los datos de todas las temperaturas

Tabla N°56. Datos de las temperaturas de Mezcla de CBCA, Diatomita y Ceniza Volante

Temperatura °C				
% Puzolana	Muestra Patrón	CBCA	DIATOMITA	CENIZA VOLANTE
0 %	32.00			
5 %		31.00	33.00	32.00
7 %		30.00	34.00	31.00
10 %		29.00	35.00	30.00

Fuente: Propia

Contenido de Aire (NTP 339.080)

Con el método se va a determinar el aire que contiene la mezcla de concreto sin considerar el aire que se encuentra atrapado en las partículas de los agregados.

Equipamiento

- ✓ Equipo para medición del contenido de aire (Washington): Tendrá un manómetro para registrar el contenido de aire.
- ✓ Varilla para compactación: de 60 cm y una punta redondeada de 8mm de radio
- ✓ Martillo de goma

Procedimiento

- ✓ Llenado y compactado del material, se realiza en 3 capas, cada una con una altura de 1/3 de la altura total del molde, cada capa será golpeada 4 veces con el martillo de goma por cada lado para liberar los vacíos
- ✓ La última capa se debe sobrellenar para realiza el compactado y posterior a eso enrazar la mezcla.
- ✓ Se limpia el molde del material excedente y se pesa el molde lleno
- ✓ Con ayuda de una pipeta introducimos agua por las llaves hasta que saga agua del otro extremo.
- ✓ Bombeamos aire hasta que manómetro marque cero, accionamos la palanca del agitador en 2 ocasiones y tomamos lectura de la marca del dial.



Figura N°40. Lectura del contenido de aire CBCA

Fuente: Propia

Resultado

Tabla N°57. Datos del Contenido de Aire de las probetas de CBCA, Diatomita y Ceniza Volante

Contenido de Aire %				
% Puzolana	Muestra Patrón	CBCA	DIATOMITA	CENIZA VOLANTE
0 %	1.60			
5 %		1.50	1.40	1.40
7 %		1.40	1.30	1.30
10 %		1.30	1.20	1.20

Fuente: Propia

Ensayos Concreto-Compresión

Resistencia a la compresión (NTP 339.034)

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga a una determinada velocidad a las probetas de concreto hasta ver una falla.

Estas deberán ser elaboradas y curadas según las edades que se desea comprobar la resistencia.



Figura N°41. Probetas de concreto

Fuente: Propia

Equipamiento

- ✓ Máquina compresora: Velocidad de carga de $2.5 \text{ kg/s} \pm 0.5 \text{ kg/s}$

Procedimiento

- ✓ Las probetas serán ensayadas hasta fracturarse en el tiempo establecido por la normativa.

Tabla N°58. Edades permisibles para ensayos

d del Ensayo	Tolerancia Permisible
1 días	$\pm 0.5 \text{ h}$
3 días	$\pm 2 \text{ h}$
7 días	$\pm 6 \text{ h}$
28 días	$\pm 20 \text{ h}$
90 días	$\pm 48 \text{ h}$

Fuente: 339.034

- ✓ Tomaremos las medidas de cada base de las probetas antes de ensayarlas.
- ✓ Se colocará almohadillas de neopreno para una distribución más adecuada de cargas

Fuente: Propia

- ✓ Las probetas serán centradas y ser ensayadas con la velocidad de carga de la normativa, hasta visualizar una ruptura y anotar la fuerza que resistió la probeta



Figura N°42. Colocación de las probetas en compresora

Resultados

Se calcula el $f'c$, dividiendo la carga entre el área promedio de sección transversal

$$f'c = \frac{\text{Carg. Maxima}}{\text{Area promedio}} \text{ kgf/cm}^2$$

La siguiente tabla tendrá un resumen de todas las resistencias de las probetas:

Tabla N°59. Tabla de Resistencia a la compresión en las edades de 7, 14 y 28 días

Porcentaj e %	f'c a los 7 días			f'c a los 14 días			f'c a los 28 días		
	CBCA	DIATOMI TA	CENIZA VOLANT E	CBCA	DIATOMIT A	CENIZA VOLANT E	CBCA	DIATOMI TA	CENIZA VOLANT E
0	221.88			259.37			290.16		
5	248.70	195.19	239.48	263.28	220.31	279.44	307.01	265.49	309.78
7	229.09	228.02	220.61	248.43	253.17	252.10	297.85	303.48	300.53
10	214.93	206.10	206.97	232.29	234.02	235.72	284.81	289.85	287.38

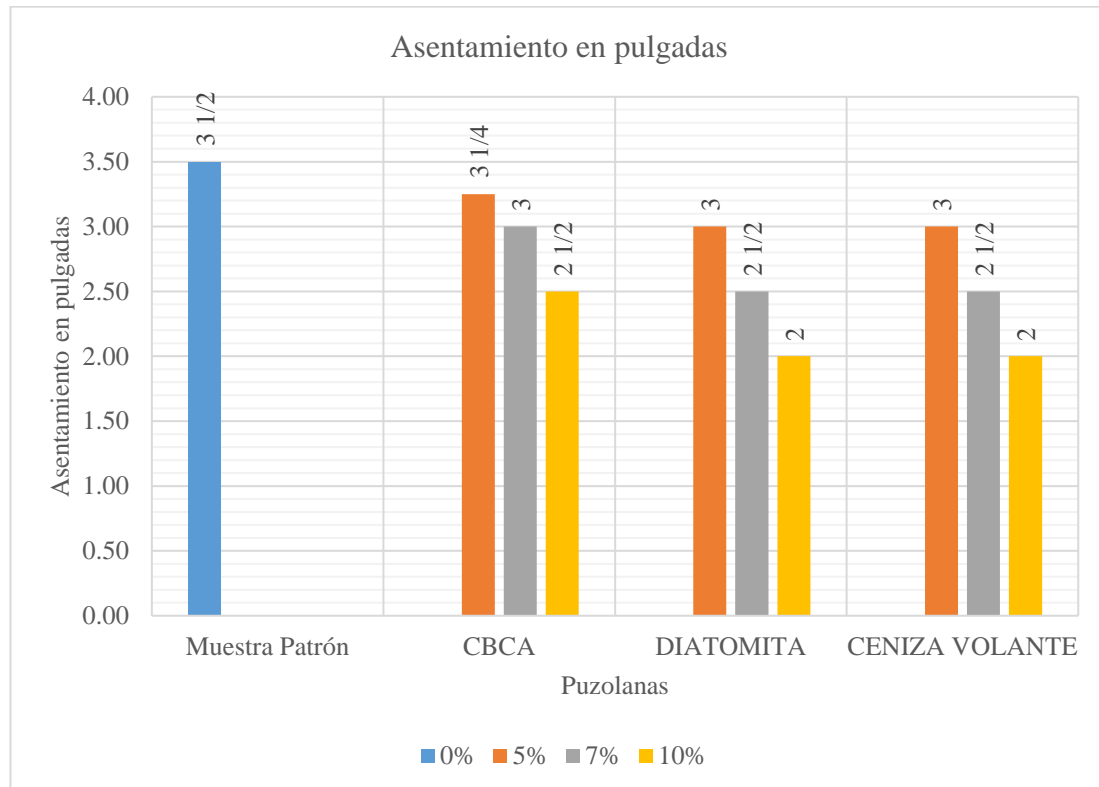
Fuente: Propia

Evaluación de los datos del concreto

Evaluación del Asentamiento de CBCA, Diatomita y Ceniza Volante

En las siguientes tablas compararemos los datos obtenidos de los ensayos anteriores

Gráfico N°1. EVALUACIÓN DEL ASENTAMIENTO CBCA, DIATOMITA Y CENIZA VOLANTE PARA CONCRETOS F'C=280 KG/CM²



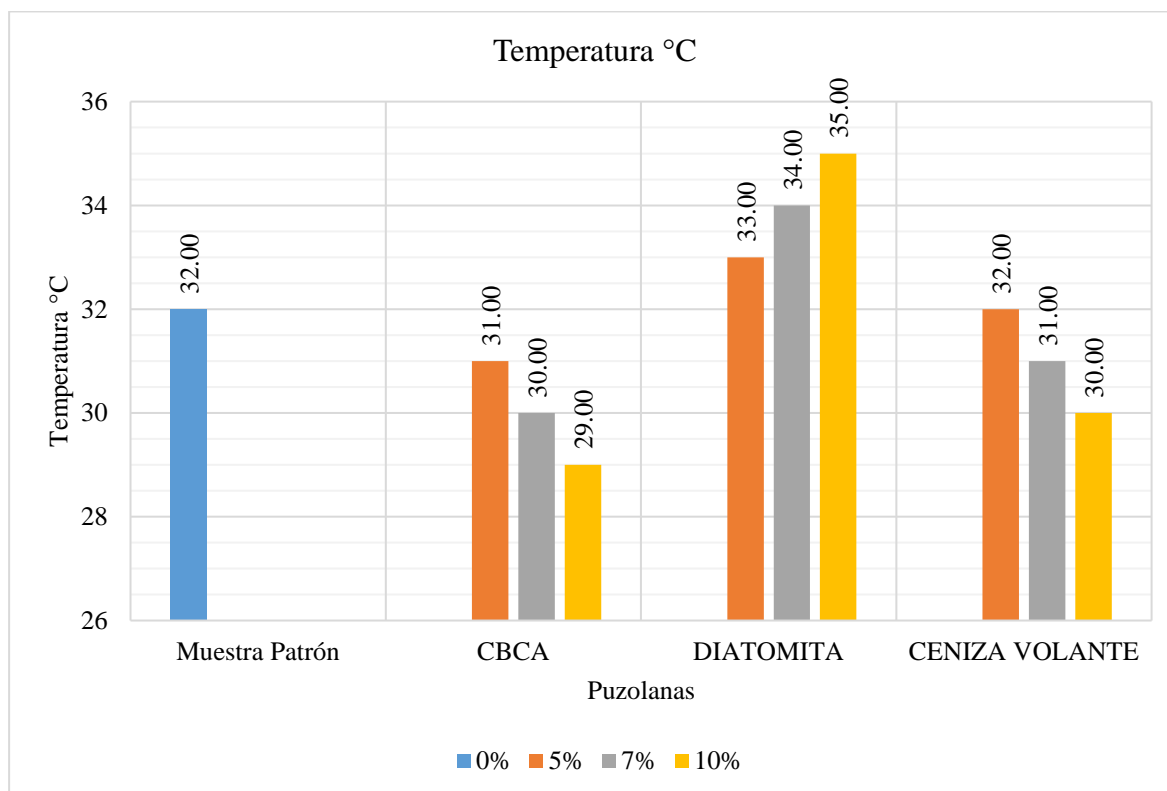
Fuente: Propia

- ✓ Podemos decir que para un concreto de resistencia de 280 kg/cm², el mayor asentamiento lo tendrá la adición de 5% de CBCA con 3 1/4" de asentamiento respectivamente.
- ✓ Nuestra muestra patrón tiene un asentamiento de 3 1/2" también.

Evaluación de la Temperatura de CBCA, Diatomita y Ceniza Volante

En las siguientes tablas compararemos los datos obtenidos de los ensayos anteriores

Gráfico N°2. EVALUACIÓN DE TEMPERATURA CBCA, DIATOMITA Y CENIZA VOLANTE
PARA CONCRETOS F'C=280 KG/CM²



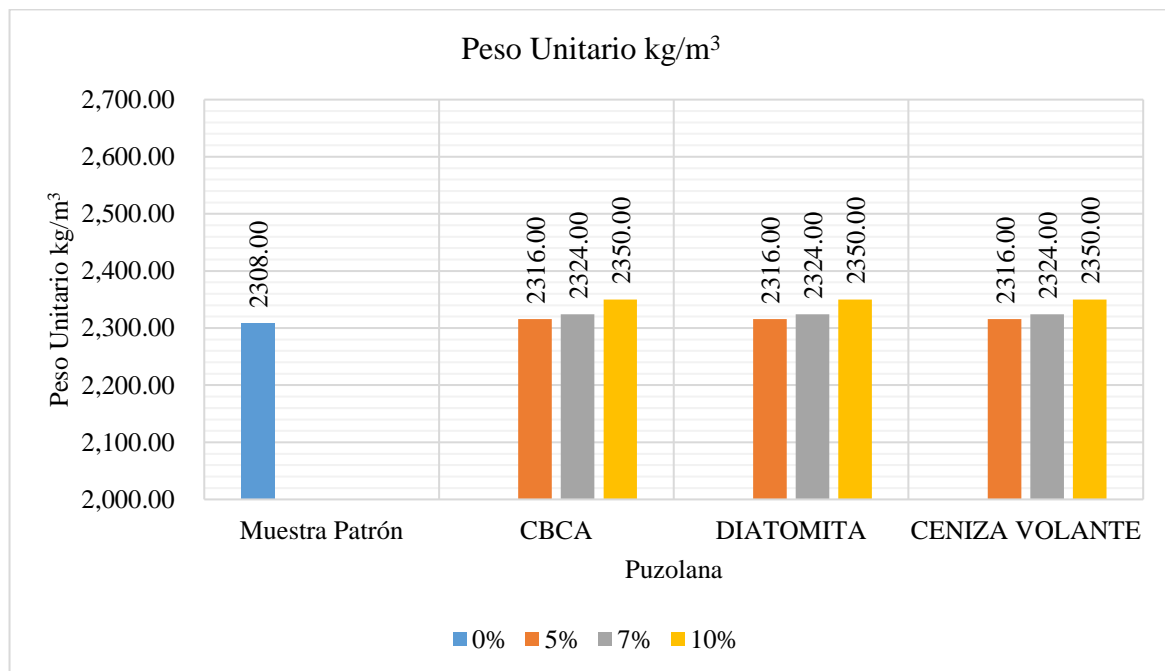
Fuente: Propia

- ✓ Al analizar el gráfico podemos identificar que las mayores temperaturas lo han tenido la adición del 10% de Diatomita con 35.0 °C y la menor lectura se dio con la adición del 10% de CBCA con 29.0°C.

Evaluación de la Temperatura de CBCA, Diatomita y Ceniza Volante

En las siguientes tablas compararemos los datos obtenidos de los ensayos anteriores

Gráfico N°3. EVALUACIÓN DE PESO UNITARIO CBCA, DIATOMITA Y CENIZA VOLANTE PARA CONCRETOS F'C=280 KG/CM²

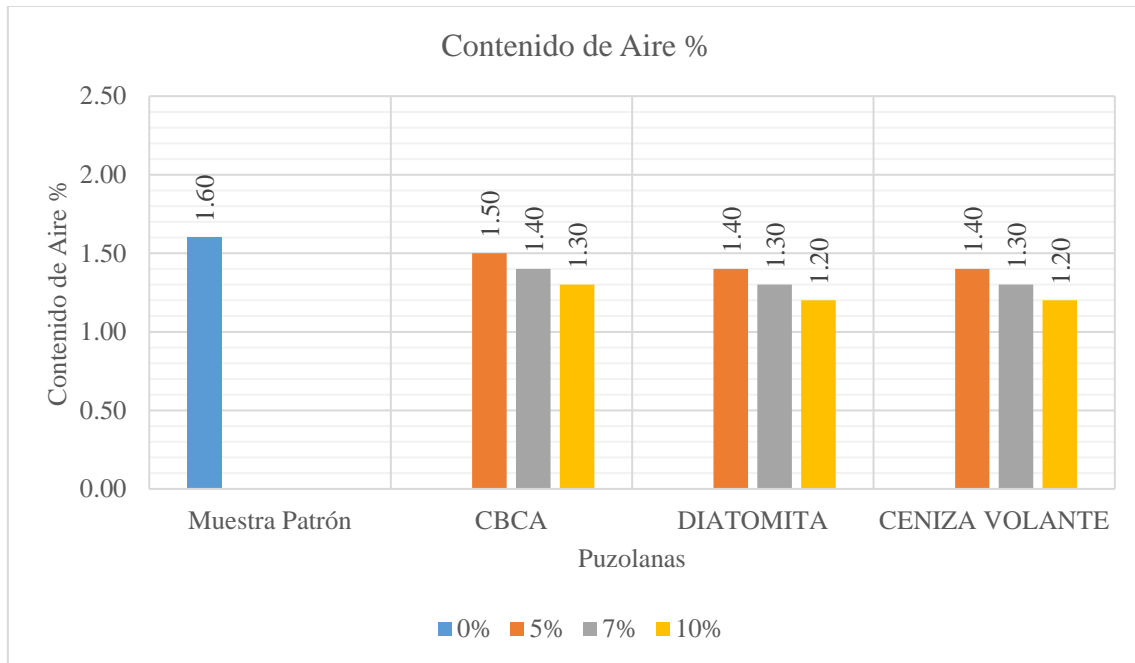


Fuente: Propia

- ✓ Podemos concluir del siguiente gráfico que la muestra patrón con 2308 kg/m³ tiene un peso unitario menor que las mezclas adicionadas, con excepción con el concreto de adición del 5% de la CBCA que alcanzó 2350 kg/m³

Evaluación del contenido de Aire de CBCA, Diatomita y Ceniza Volante

Gráfico N°4. EVALUACIÓN DE CONTENIDO DE AIRE CBCA, DIATOMITA Y CENIZA VOLANTE PARA CONCRETOS F'C=280 KG/CM²

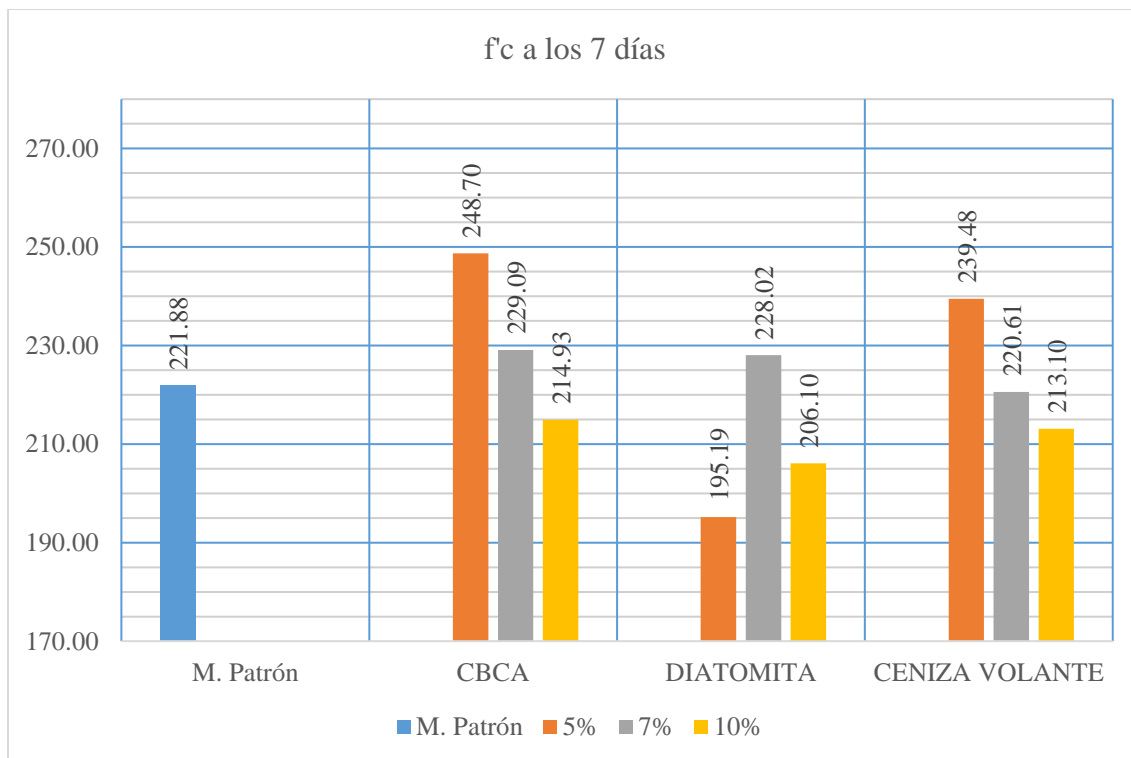


Fuente: Propia

- ✓ Los valores se encuentran dentro de lo establecido por la norma ASTM C-231 que contempla que estos concreto deben tener un contenido de 1% a 3% de aire.
- ✓ Los valores más altos de aire ocurren al adicionar CBCA a la mezcla de concreto.

Evaluación de la resistencia a la compresión de nuestras probetas a los 7, 14 y 28 días

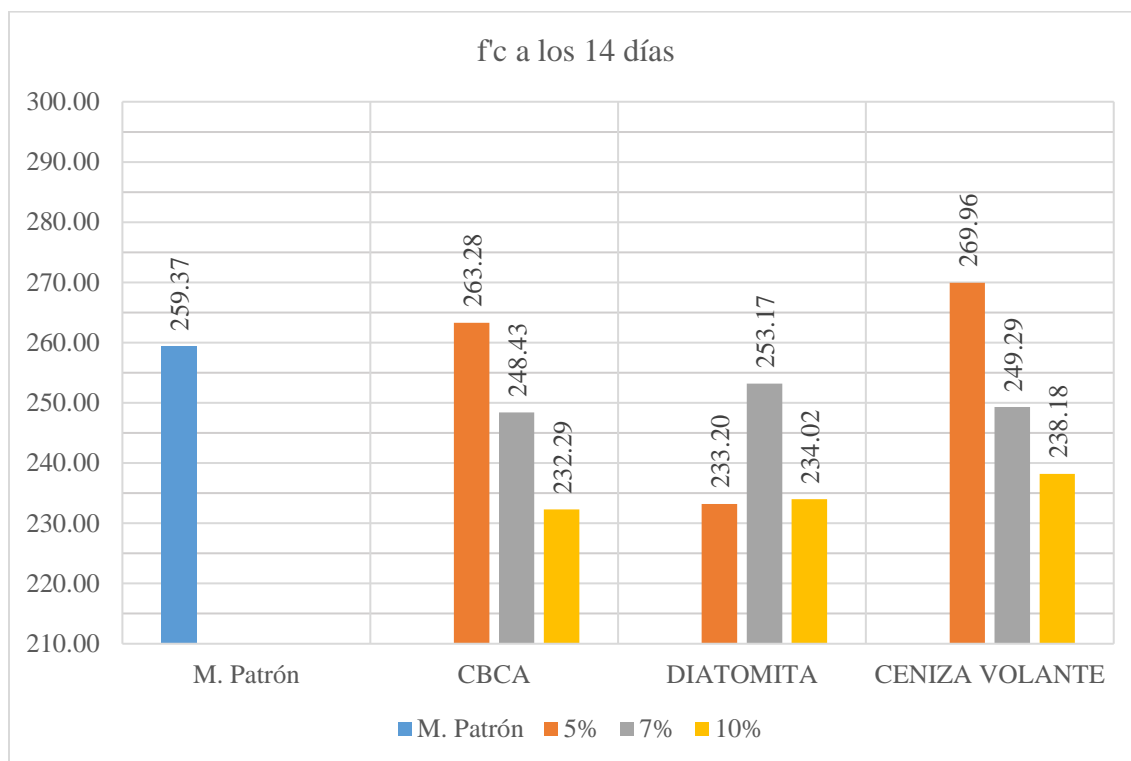
Gráfico N°5. EVALUACIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN – 7 DÍAS PARA CONCRETOS $f'c=280$ KG/CM²



Fuente: Propia

- ✓ Podemos concluir que los concretos de 280 kg/cm² adicionados con 5% de CBCA y Ceniza Volante son los que mayor resistencia obtuvieron con 248.70 kg/cm² y 247.70 kg/cm² respectivamente.
- ✓ La adición del 5% de Diatomita es la que tiene la resistencia más baja con 195.19 kg/cm², pero también las adiciones del 10% de Diatomita y CBCA tienen bajas resistencia con los resultados de 214.93 kg/cm², 206.10 kg/cm² respectivamente
- ✓ Casi todos los diseños cumplen con estar por encima del mínimo del 75% del $f'c$ de diseño, excepto la adición de 5% de diatomita que se encuentra al 69.73% del $f'c$.

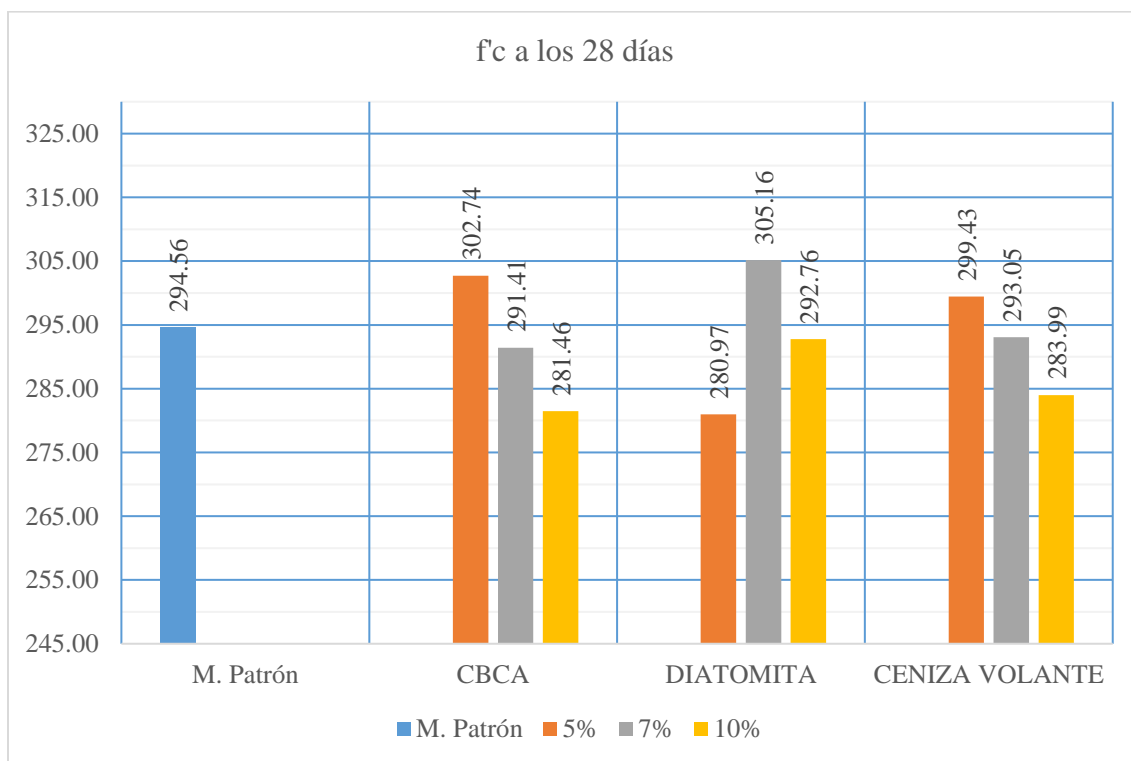
Gráfico N°6. EVALUACIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN – 14 DÍAS PARA CONCRETOS F'C=280
KG/CM²



Fuente: Propia

- ✓ Podemos concluir que los concretos adicionados con 10% de ceniza volante obtuvo la mayor resistencia con 269.96 kg/cm² a los 14 días de curado.
- ✓ En las más bajas resistencias se dan en las adicciones de 10% de CBCA, 5% y 10% de Diatomita y 10% de Ceniza Volante, con resistencias de 232.29 kg/cm², 233.20 kg/cm², 234.02 kg/cm² y 238.18 kg/cm² respectivamente.

Gráfico N°7. EVALUACIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN – 28 DÍAS – F'C=280
KG/CM²

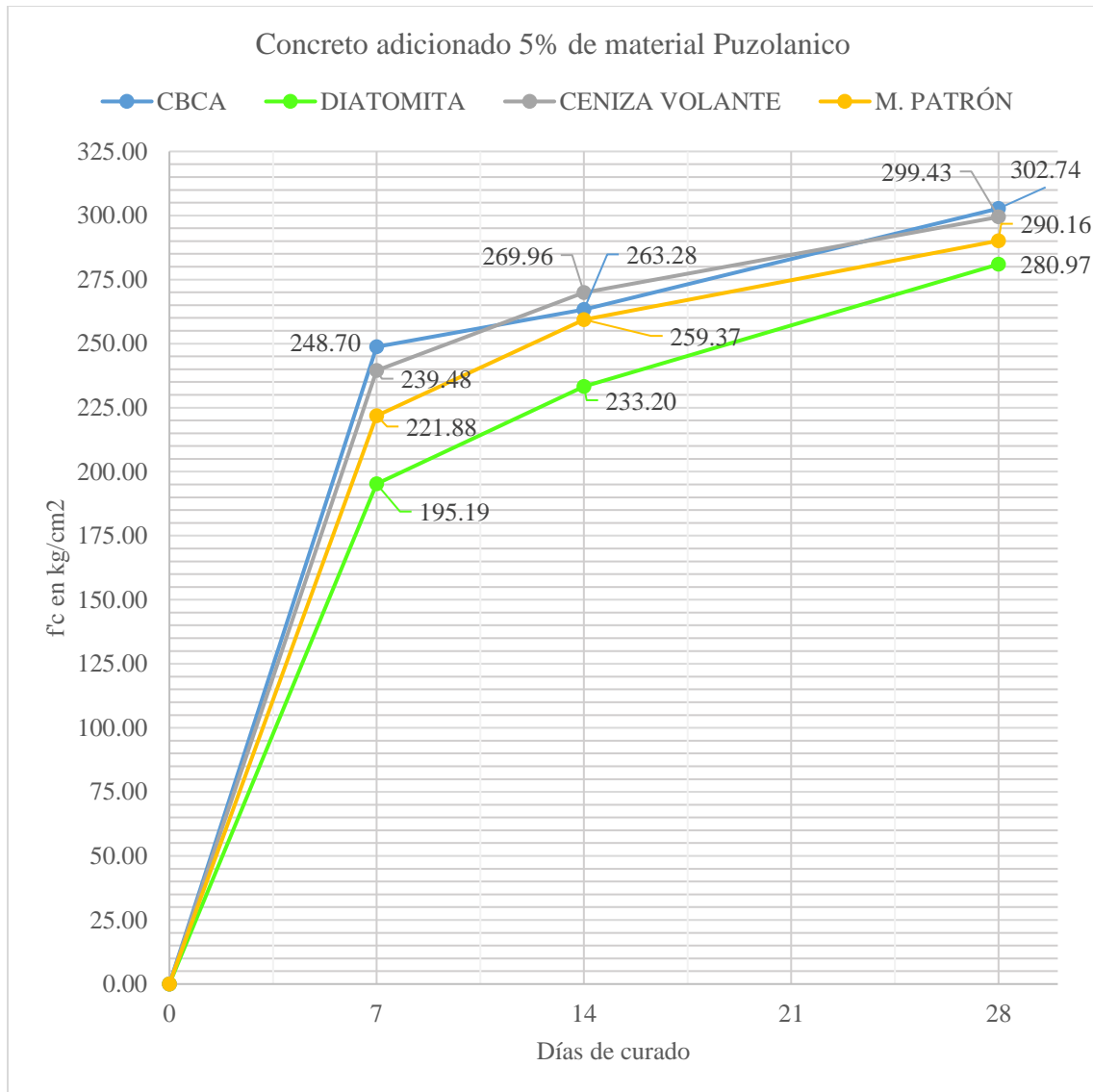


Fuente: Propia

- ✓ En este grafico visualizamos las resistencias promedio, las cuales todas cumplen con la resistencia requerida. La edición del 7% de diatomita es la que alcanzó la mayor resistencia con un valor de 305.16 kg/cm² y la adición al 5% de diatomita alcanzó la resistencia más baja con un valor de 280.97 kg/cm².

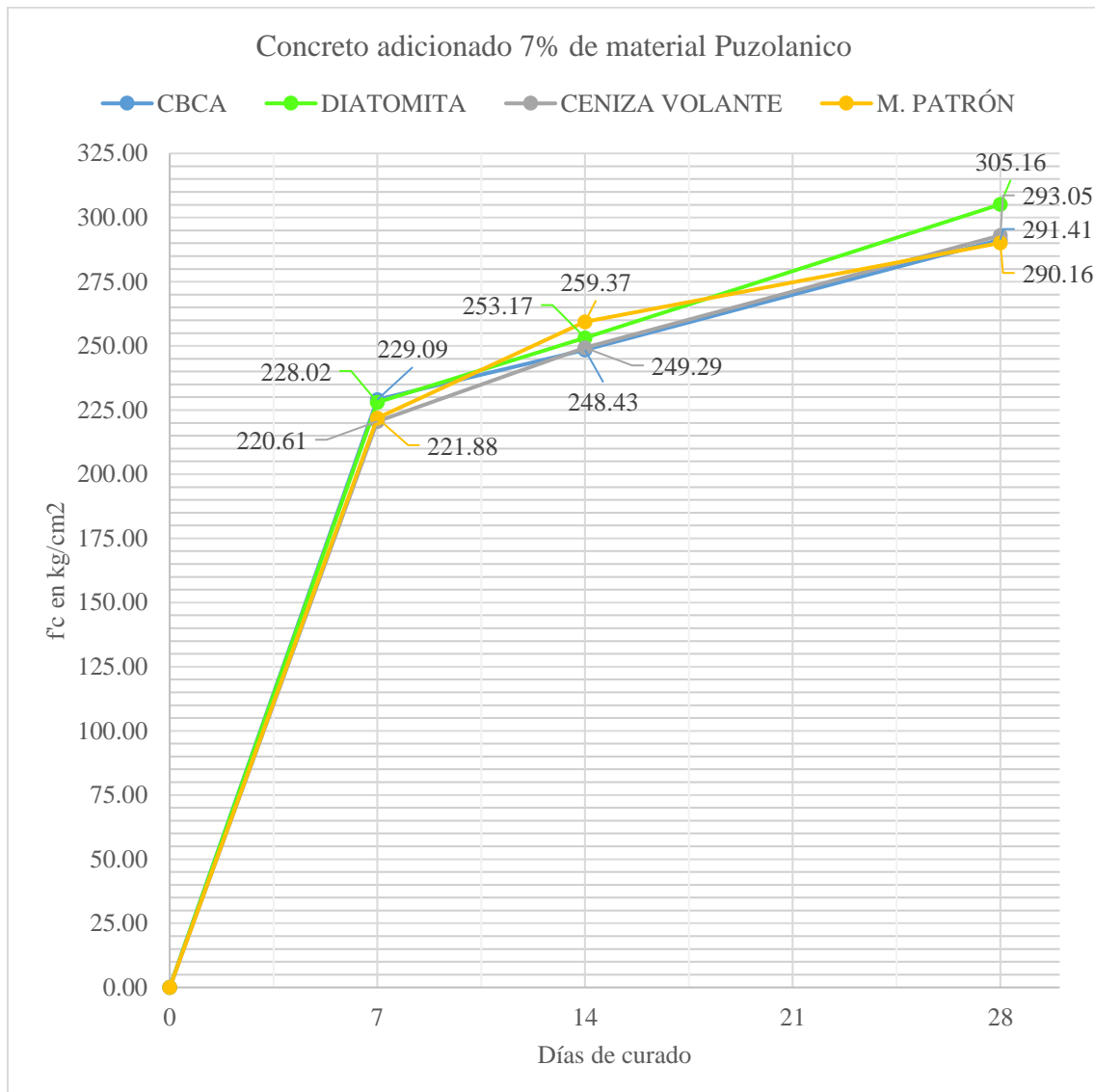
Resistencia a la compresión más detallada

Gráfico N°8. ANÁLISIS COMPARATIVO DE CONCRETOS F'C=280 KG/CM² ADICIONADOS AL 5% CON PUZOLANAS



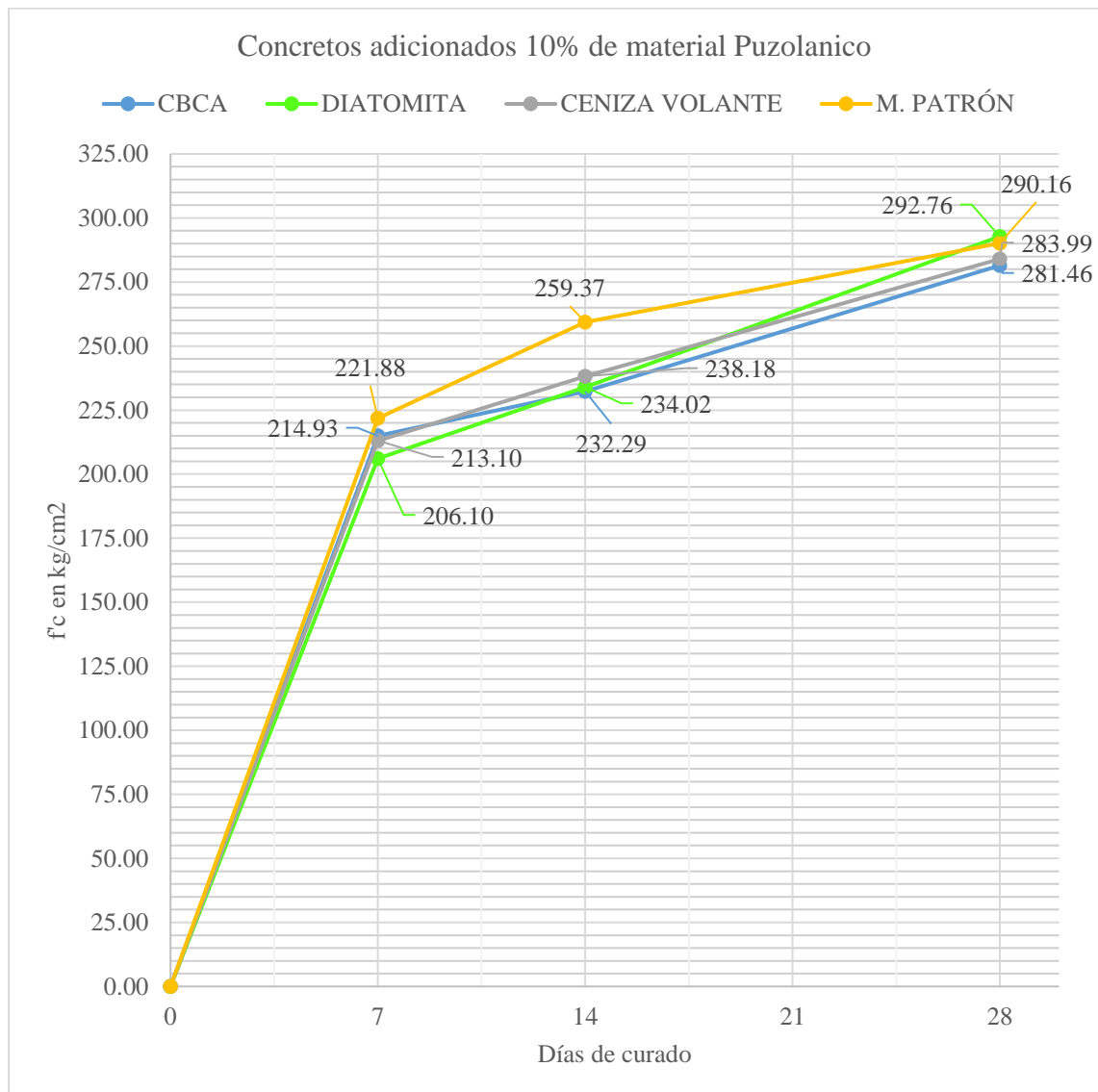
- ✓ Tenemos que CBCA y la Ceniza Volante a los 28 días llegan a tener resistencias muy cercanas de 302.74 kg/cm² y 299.43 kg/cm² respectivamente, siendo estos los concretos con mejores resistencias.

Gráfico N°9. ANÁLISIS COMPARATIVO DE CONCRETOS F'C=280 KG/CM² ADICIONADOS AL 7% CON PUZOLANAS



- ✓ En la gráfica podemos determinar que los diseños al 7% son muy similares, teniendo el valor máximo la diatomita con 305.16 kg/cm², y el valor mas bajo la muestra patrón con 290.16 kg/cm².
- ✓ A partir de estos datos obtenidos podemos determinar que el porcentaje mas favorable para hacer una comparación técnica de resistencia se establece en la adición del 7% de material puzolánico.

Gráfico N°10. ANÁLISIS COMPARATIVO DE CONCRETOS $F'c=280$ KG/CM² ADICIONADOS AL 10% CON PUZOLANAS



- ✓ El valor mayor es obtenido por la adición del 10% de Diatomita con 292.76 kg/cm² y el valor más bajo es obtenido por el 10% de adición de CBCA, con un valor de 281.46 kg/cm². Todos los diseños cumplen con la resistencia requerida.

Resistencia a los Sulfatos NORMA TÉCNICA PERUANA 334.094

En este ensayo se busca determinar la variación de longitud de las barras de mortero al ser sumergidas en soluciones con contenido de sulfatos en concentraciones establecidas. Para empezar el ensayo primero necesitamos que nuestras muestras lleguen a una resistencia de 200 kg/cm², para recién ser sumergidas en la solución, podemos identificar cuando han llegado a la resistencia establecida, con la fabricación cubos de control por cada barra a ensayas, para que estos cubos sean puestos a la compresora hasta llegar a la resistencia. Luego de ser sumergidas las barras en la solución sulfatada se tomarán lecturas de las barras cada semana para hacer un seguimiento de su expansión, hasta llegar a los 4 meses.

Equipamiento

- ✓ Mezclador de mortero
- ✓ Moldes para cubos: 5 cm x 5 cm
- ✓ Moldes de barras: 5 cm x 30 cm
- ✓ Comparador de fluidez
- ✓ Contenedores de plástico resistente a la corrosión
- ✓ Horno: (35°C ± 3°C)
- ✓ Mesa de Fluides Manual
- ✓ Reactivo: Sulfato de Sodio (Na₂SO₄) en concentración de 50 g por cada litro de agua

Procedimiento

- ✓ Preparamos el mortero conforme a la NTP 334.051, por cada unidad de cemento se coloca 2.75 partes de arena. Se realiza con una relación a/mc de 0.46 para el diseño patrón y con a/mc de 0.485 para las adiciones de puzolanas.
- ✓ Se prepara la mezcla de mortero en la mezcladora de mortero, luego se probará su fluidez del mortero elaborado, en una Mesa de Flujo.
- ✓ Se tomarán cuatro medidas de los diámetros de la mezcla fluida y se comparará con el diámetro interno del molde y esta diferencia deberá estar entre 10% a 20% como máximo.



Figura N°43. Mesa de Flujo de mortero manual

- ✓ Preparamos los moldes con desmoldante que no tenga reacción con el concreto, también se colocara unos soportes ajustables en el fondo del recipiente, con el fin de elevar las muestras por encima del nivel del agua.
- ✓ Se elaboran 3 cubos de control por cada barra, después de vaciar los moldes de mortero los sellamos para impermeabilizar.
- ✓ Luego se colocará en el horno a una temperatura de $35^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ durante 23 horas y 30 minutos ± 30 minutos.



Figura N°44. Vaciado de las barras y cubos de control

- ✓ Los cubos de control se irán sacando periódicamente para ser ensayados a compresión hasta alcanzar los 200 kg/cm^2 establecidos por la norma.

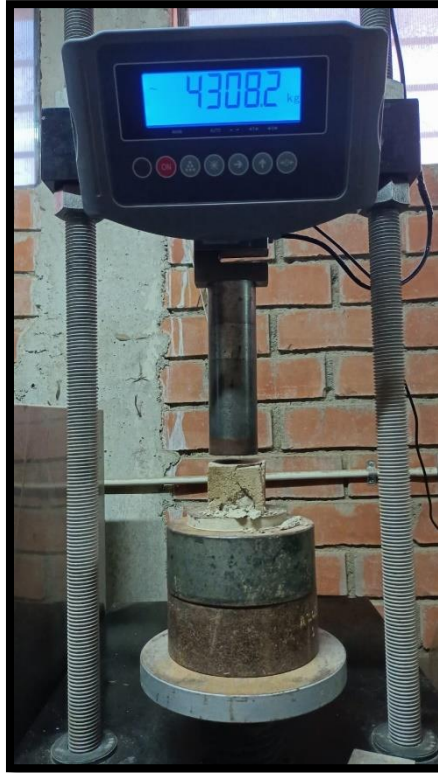


Figura N°45. Primer ensayo a compresión de los cubos de control con un resultado de $f^{\circ}c=172.33 \text{ kg/cm}^2$

- ✓ Cuando no llegamos todavía a la resistencia establecida por norma, deberemos dejar curar 1 día más a los demás cubos, y así consecutivamente hasta que nuestro mortero tenga la resistencia adecuada.



Figura N°46. Segundo ensayo a compresión de los cubos de control con un resultado de $f'c=237.16 \text{ kg/cm}^2$

- ✓ Al ya llegar nuestras muestras a la resistencia, se procede a ser sumergidas en la solución sulfatada y su posterior reposo de una semana para su medición



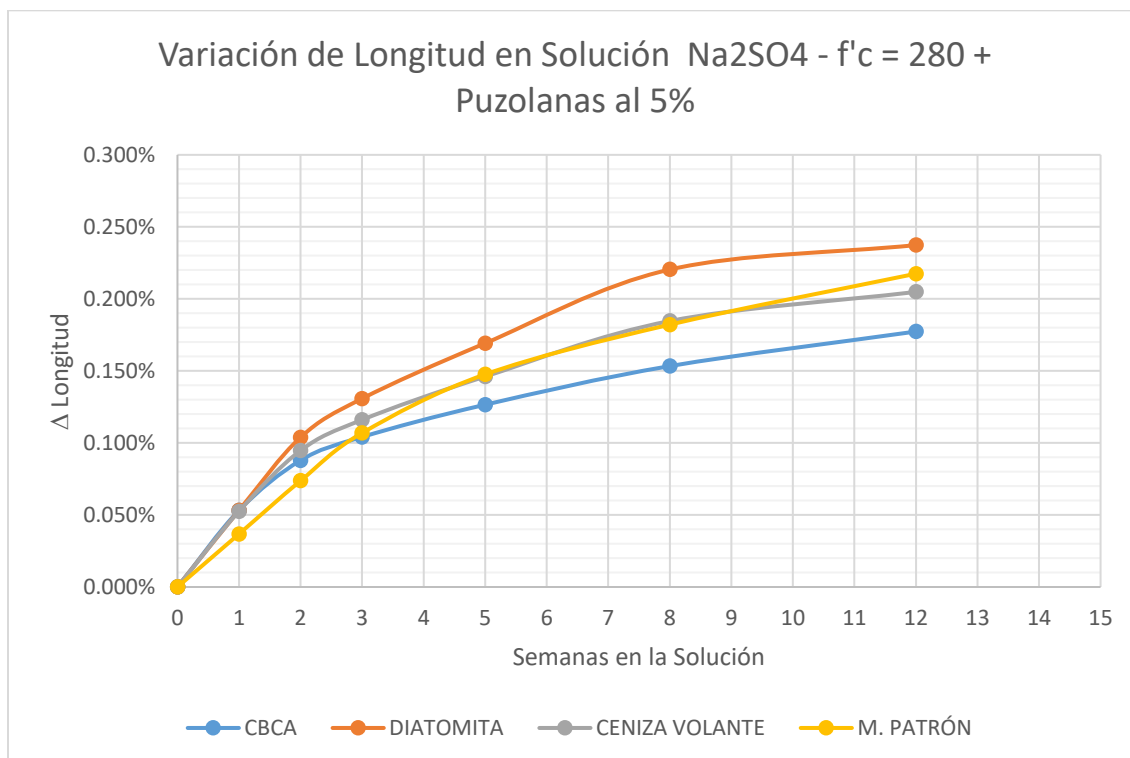
Figura N°47. Probeta extraída de la solución

- ✓ Luego de estar sumergidas por 1 semana se toma las primeras medidas, luego a la semana 2 y así consecutivamente hasta completar las 15 semanas. Se tomará las medidas para determinar la variación total que tendrá



Figura N°48. Medición de la variación de longitud de la semana 2

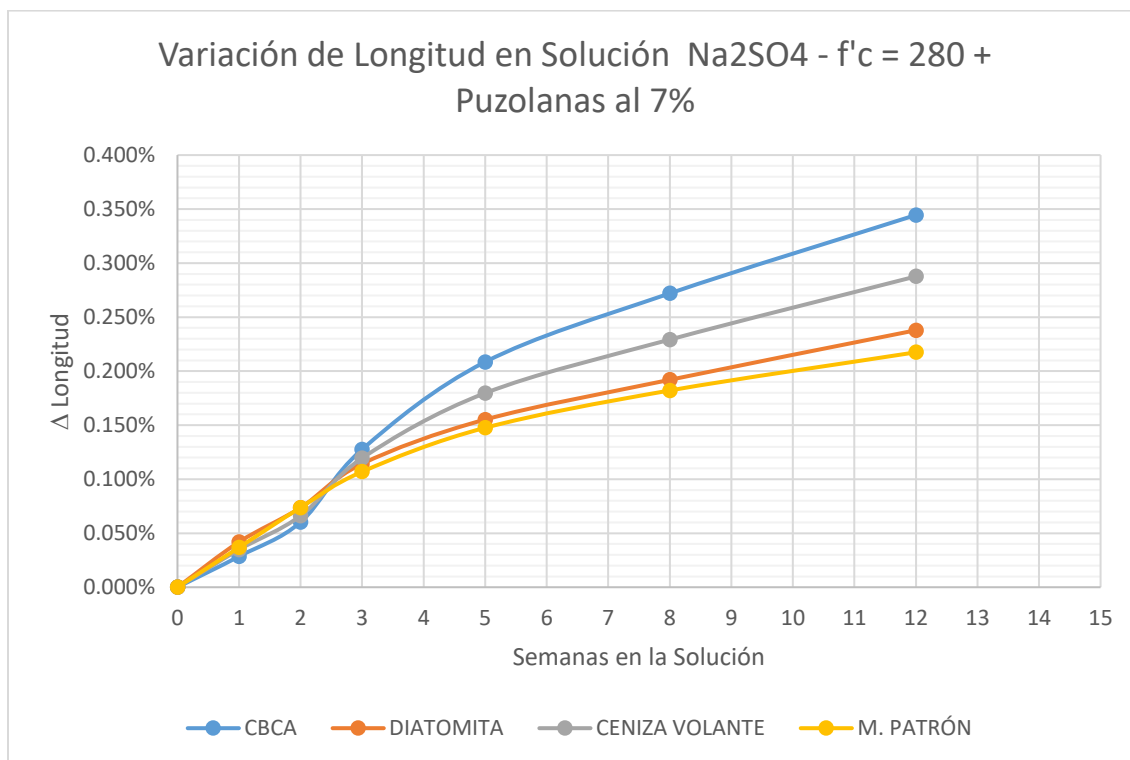
Tabla N°60. Variación de Longitud - M.P. $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 5\% \text{ CBCA kg/cm}^2$



Fuente: Propia

- ✓ El mejor comportamiento ante la variación de la longitud es la ceniza de bagazo, teniendo 0.177%, también la ceniza volante teniendo 0.205% estando por debajo de la muestra patrón que tiene 0.217% de variación.

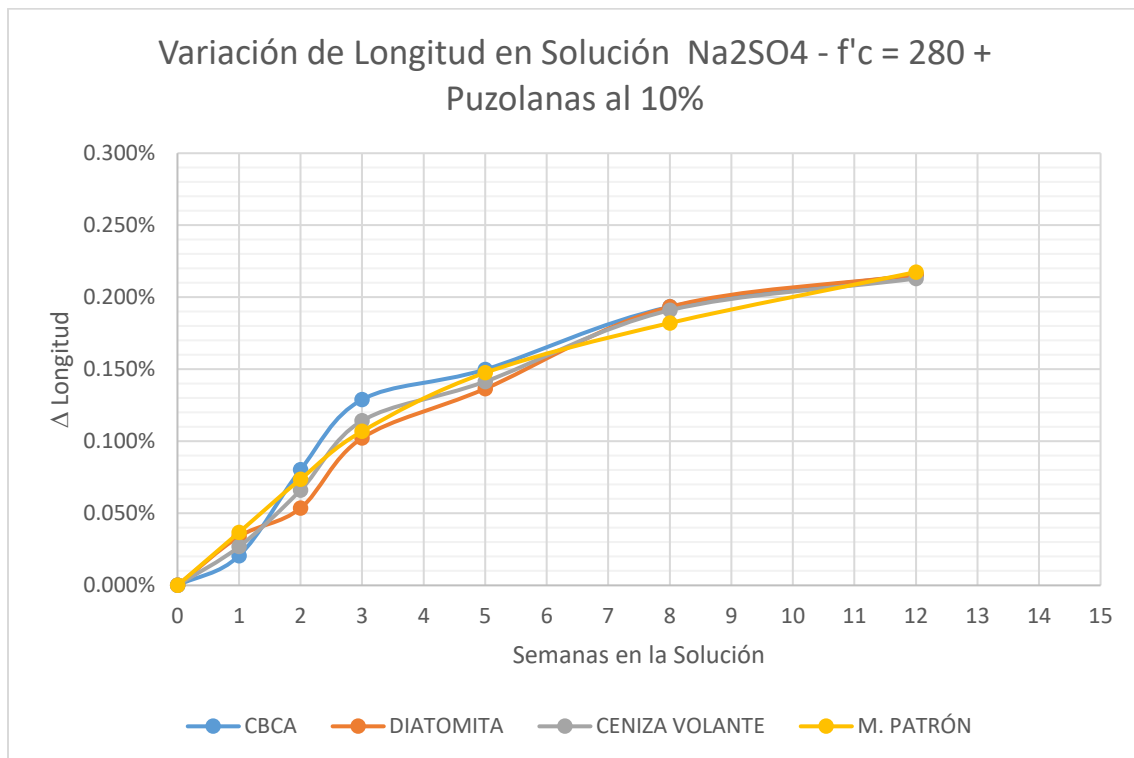
Tabla N°61. Variación de Longitud - M.P. $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 5\% \text{ CBCA kg/cm}^2$



Fuente: Propia

- ✓ En la adición al 7% todas las puzolanas son superadas con mejor comportamiento la muestra patrón, teniendo la más alta variación la ceniza de bagazo de caña de azúcar con un valor de 0.345%.

Tabla N°62. Variación de Longitud - M.P. $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 5\% \text{ CBCA kg/cm}^2$



Fuente: Propia

- ✓ Al adicionar 10% de ceniza bagazo de caña de azúcar, diatomita y ceniza volante todas tendrán valores muy similares entre ellas y con la muestra patrón, éstas tienen una variación de 0.215%, 0.216% y 0.213% respectivamente.

ANÁLISIS ECONOMICO DE LOS DISEÑOS DE MEZCLA

Análisis de Costos Unitarios en la elaboración de 1 m³ de concreto f'c=280 kg/cm² con Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA)

La empresa azucarera Pomalca S.A.C. es productora de azúcar de caña de azúcar, y esta utiliza el bagazo que es residuo como combustible para las calderas, así reutilizando la biomasa en el proceso industrial de producción, las cuales luego de ser incineradas son destinadas como fertilizante de sus cultivos y a su almacenamiento lo material excedente.

Para la obtención del análisis de costos unitarios de la CBCA nos referenciamos en el Ministerio de Desarrollo Agrario que nos da la relación de costos unitarios para 1 ha de caña de azúcar

Tabla N°63. Cotos Unitarios de Producción de Caña de azúcar

Costos de Producción de Caña de Azúcar Planta						
Actividad	Und	Cant	Costo (S/.)	Sub Total	Banco	Agricultor
Mano de Obra						S/ 975.00
Chuleo y quema	hh	4	15	S/ 60.00		
Carguío de paja	hh	1	15	S/ 15.00		
Acondicionamiento de Surco	hh	3	15	S/ 45.00		
Aplicación de pre emergente	hh	2	15	S/ 30.00		
Limpia de acequias	hh	3	15	S/ 45.00		
Preparación de riegos	hh	8	15	S/ 120.00		
Siembra	hh	8	15	S/ 120.00		
Riego - (15 riegos)	hh	30	15	S/ 90.00	S/ 360.00	
1er y 2do Abonamiento	hh	8	15		S/ 120.00	
Aplicación de herbicidas	hh	2	15		S/ 30.00	
Deshierbo	hh	20	15		S/ 300.00	
Quema y Corte	hh	30	15	S/ 450.00		
Maquinaria y Equipo						S/ 1,810.00
Aradura - rastra	hm	2	130	S/ 260.00		
Cruzada - rastra	hm	2	130	S/ 260.00		
Bufado	hm	3	100	S/ 300.00		
Sub solado	hm	3	130	S/ 390.00		
Surcadora y acequiadora	hm	3	130	S/ 390.00		
Arrume y carguio	hm	1.5	140	S/ 210.00		
Insumos						S/ 2,100.00
1. Semilla certificada	Glb	1	4200	S/ 2,100.00	S/ 2,100.00	
2. Fertilizantes						
Urea 45%	bls	11	83		S/ 913.00	
Fosfato diamónico	bls	3	93		S/ 279.00	

Avispas trichograma	pulg	70	0.6		S/ 42.00	
3. Herbicidas						
(2-4-D(U-46))	Lts	2	65		S/ 130.00	
Pakatan	Gln	2	170		S/ 340.00	
4. Agua	hrs	60	11		S/ 660.00	
Total Costo Indirectos					S/ 5,274.00	S/ 4,885.00
Comisión del Operador					S/ 225.00	
Total del Proyecto						S/ 4,885.00
Comisión de desembolso					S/ 172.17	
Costos de Transf. (0.08%)					S/ 4.59	
Total del Proyecto + Gastos					S/ 5,675.76	S/ 4,885.00

Fuente: Ministerio de Desarrollo Agrario

También se debe considerar los mantenimientos luego de haber realizado la cosecha de la ceniza de bagazo de caña de azúcar

Tabla N°64. Costos Unitarios por 1 Ha de mantenimiento

Rubros	Mantenimiento (1er corte) por Ha	
	(\$)	1\$ = S/3.75
Mano de Obra		
Mano de Obra	\$ 133.7	S/ 501.38
Insumos	\$ 226.2	S/ 848.25
Maquinaria	0	S/ 0.00
Cosecha	\$ 506.9	S/ 1,900.88
Envase, Transporte y Gastos Varios	\$ 1624.3	S/ 6,091.13
Otros	\$ 249.1	S/ 934.13
Costos Directos	\$ 2740.2	S/ 10,275.75
Costos Indirectos	\$ 548	S/ 2,055.00
Costos Totales (Mantenimiento)	\$ 3288.2	S/ 12,330.75

Fuente: Fuente: Ministerio de Desarrollo Agrario

Se consideran gastos Indirectos y derechos sociales de los trabajadores, también los gastos administrativos

Tabla N°65. Costo Total por Hectárea de Caña de azúcar

RESUMEN DEL COSTO TOTAL DE INSTALACIÓN	
Total del Proyecto + Gastos	S/ 4,885.00
Costos Totales (Mantenimiento)	S/ 12,330.75
Imprevistos y Leyes Sociales (10% de los Costos Directos)	S/ 1,721.58
Gastos Administrativos y Gastos Financieros (20% de los Costos Directos)	S/ 3,443.15
Costo total por hectárea de caña de azúcar	S/ 22,380.48

Luego cuantificamos cuantos especímenes de caña hay dentro de 1 Ha

Tabla N°66. Densidad de Cañas de azúcar por hectárea

Distancias entre surco (m)	N° de plántulas distanciadas 0.80 m
1.35	9259
1.40	8929
1.50	8333
1.75	7143

Fuente: LIBRO "SIEMBRA" de Carlos A. Viveros y Humberto Calderón

Ahora cuantificamos cual es el precio por unidad de caña de azúcar

Tabla N°67. Costo Unitario de Caña de azúcar

COSTO UNITARIO POR UNIDAD DE CAÑA DE AZÚCAR	
COSTO TOTAL POR HECTAREA DE CAÑA DE AZÚCAR	S/ 22,380.48
Distancias entre surco (1.35 m) tenemos una densidad de cañas de azúcar por hectárea	9259 und
Costo unitario de una unidad de caña de azúcar	2.42 soles/und

Fuente: Propia

Cuantificamos cuantos especímenes necesitamos para sacar 1 kg de ceniza de bagazo de caña de azúcar

Tabla N°68. Cantidad de unidades de caña por kg de ceniza de bagazo

CANTIDAD DE CAÑAS DE AZÚCAR PARA 1 kg de Ceniza	
1 kg de caña de azúcar al ser calcinada aproximadamente el 1% del peso se transforma en ceniza	
Peso por unidad de caña de azúcar	2.25 kg
Ceniza producida por unidad de caña de azúcar	0.023 kg
Cantidad de unidades para hacer un kg de ceniza	44.45 und

Fuente: Propia

Ahora calculamos el precio real de la ceniza de bagazo de caña de azúcar

Tabla N°69. Costo real de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar

Costo Real de 1 kg de ceniza de bagazo de caña de azúcar	
Rendimiento promedio de producción de azúcar	10.50%
Cantidad de cañas de azúcar para hacer 1 kg de azúcar rubia de la Empresa Pomalca S.A.C. - Chiclayo	9.52 und
Precio de Azúcar (1 kg)	S/ 3.25
Rentabilidad de vender 1 kg de azúcar	52.57%
Precio de la rentabilidad de caña de azúcar (A)	S/ 1.71
Cantidad de unidades para hacer un kg de ceniza	44.45 und
Cantidad de kg azúcar producida por 45 und de caña	4.67 kg
Precio de Ganancia de la Caña de azúcar (B)	S/ 7.98
Valor energético para obtener 1 tonelada de azúcar	1.31 barriles de petróleo

Valor para obtener 1 kg de caña de azúcar	0.00131
Valor de barril de petróleo en Perú	\$ 83.46
Valor de barril de petróleo en Perú en soles	S/ 312.98
Precio de petróleo para obtener 1 kg de caña de azúcar (C)	S/ 0.41
Precio por kg de ceniza de bagazo de caña de azúcar (D)	S/ 2.42
Precio Real = D – (B + C)	-S/ 5.98
Precio para el estudio = D – (A + C)	S/ 0.30

Fuente: Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia CENICAÑA

- Debido a que la ceniza es producida por la reutilización de la biomasa después de pasar por un proceso agroindustrial de extracción de la pulpa, el precio referencial del costo de la ceniza será el precio por unidad de la caña de azúcar, y le restaremos lo que la empresa genera con la misma cantidad de material, y lo que se reduce los costos en el combustible para las calderas, así dando nos un costo de **S/0.30 por kg de ceniza**

Tabla N°70. Costo del concreto Patrón de $f'c=280\text{kg/cm}^2$

Rendimiento	m³/día = 10.00		Costo Unitario por m3 :		684.20
Recurso	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio Unitario	Parcial
MANO DE OBRA					191.41
Operario	HH	2.000	1.6	26.23	41.97
Peón	HH	10.000	8	18.68	149.44
MATERIAL					443.22
Cemento Portland Tipo I (42.5 kg)	bls		13.34	29.09	388.06
Puzolana	kg		0.00		0.00
Arena Gruesa	m ³		0.45	50.38	22.67
Piedra Chancada	m ³		0.51	61.44	31.33
Agua	m ³		0.19	6.11	1.16
EQUIPOS					49.57
Herramientas Manuales	%MO		5%	191.41	9.57
Mescladora	HM	1.000	0.8	50.00	40.00

Fuentes: Propia

Tabla N°71. Costo del concreto Patrón + 5% CBCA $f'c=280\text{kg/cm}^2$

Rendimiento	m³/día = 10.00		Costo Unitario por m³ :		673.30
Recurso	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio Unitario	Parcial
MANO DE OBRA					191.41
Operario	HH	2.000	1.6	26.23	41.97
Peón	HH	10.000	8	18.68	149.44
MATERIAL					432.32
Cemento Portland Tipo I (42.5 kg)	bls		12.67	29.09	368.66
Puzolana	kg		28.35	0.30	8.50
Arena Gruesa	m ³		0.45	50.38	22.67
Piedra Chancada	m ³		0.51	61.44	31.33
Agua	m ³		0.19	6.11	1.16
EQUIPOS					49.57
Herramientas Manuales	%MO		5%	191.41	9.57
Mescladora	HM	1.000	0.8	50.00	40.00

Fuentes: Propia

Tabla N°72. Costo del concreto Patrón + 7% CBCA $f'c=280\text{kg/cm}^2$

Rendimiento	m³/día = 10.00		Costo Unitario por m³ :		668.43
Recurso	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio Unitario	Parcial
MANO DE OBRA					191.41
Operario	HH	2.000	1.6	26.23	41.97
Peón	HH	10.000	8	18.68	149.44
MATERIAL					427.46
Cemento Portland Tipo I (42.5 kg)	bls		12.41	29.09	360.89
Puzolana	kg		39.70	0.30	11.91
Arena Gruesa	m ³		0.44	50.38	22.17
Piedra Chancada	m ³		0.51	61.44	31.33
Agua	m ³		0.19	6.11	1.16
EQUIPOS					49.57
Herramientas Manuales	%MO		5%	191.41	9.57
Mescladora	HM	1.000	0.8	50.00	40.00

Fuentes: Propia

Tabla N°73. Costo de concreto Patrón + 10% CBCA $f'c=280\text{kg/cm}^2$

Rendimiento	m³/día = 10.00		Costo Unitario por m3 :		661.39
Recurso	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio Unitario	Parcial
MANO DE OBRA					191.41
Operario	HH	2.000	1.6	26.23	41.97
Peón	HH	10.000	8	18.68	149.44
MATERIAL					420.42
Cemento Portland Tipo I (42.5 kg)	bls		12.01	29.09	349.25
Puzolana	kg		56.70	0.30	17.01
Arena Gruesa	m ³		0.43	50.38	21.66
Piedra Chancada	m ³		0.51	61.44	31.33
Agua	m ³		0.19	6.11	1.16
EQUIPOS					49.57
Herramientas Manuales	%MO		5%	191.41	9.57
Mescladora	HM	1.000	0.8	50.00	40.00

Fuentes: Propia

Análisis de Costos Unitarios en la elaboración de 1 m³ de concreto f'c=280 kg/cm² con Diatomita

La extracción de la diatomita se dio del distrito la Polobaya-Arequipa, y se hizo por el medio de una empresa de comercio, el producto tuvo un valor de S/150 por 50 kg, dando nos un total de S/3 por cada kg.

Tabla N°74. Costo de concreto Patrón + 5% Diatomita f'c=280kg/cm²

Rendimiento	m³/día = 10.00		Costo Unitario por m³ :		749.84
Recurso	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio Unitario	Parcial
MANO DE OBRA					191.41
Operario	HH	2.000	1.6	26.23	41.97
Peón	HH	10.000	8	18.68	149.44
MATERIAL					508.86
Cemento Portland Tipo I (42.5 kg)	bls		12.67	29.09	368.66
Puzolana	kg		28.35	3.00	85.04
Arena Gruesa	m ³		0.45	50.38	22.67
Piedra Chancada	m ³		0.51	61.44	31.33
Agua	m ³		0.19	6.11	1.16
EQUIPOS					49.57
Herramientas Manuales	%MO		5%	191.41	9.57
Mescladora	HM	1.000	0.8	50.00	40.00

Fuentes: Propia

Tabla N°75. Costo de concreto Patrón + 7% Diatomita $f^c=280\text{kg/cm}^2$

Rendimiento	m³/día = 10.00		Costo Unitario por m³ :		775.61
Recurso	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio Unitario	Parcial
MANO DE OBRA					191.41
Operario	HH	2.000	1.6	26.23	41.97
Peón	HH	10.000	8	18.68	149.44
MATERIAL					534.63
Cemento Portland Tipo I (42.5 kg)	bls		12.41	29.09	360.89
Puzolana	kg		39.70	3.00	119.09
Arena Gruesa	m ³		0.44	50.38	22.17
Piedra Chancada	m ³		0.51	61.44	31.33
Agua	m ³		0.19	6.11	1.16
EQUIPOS					49.57
Herramientas Manuales	%MO		5%	191.41	9.57
Mescladora	HM	1.000	0.8	50.00	40.00

Fuentes: Propia

Tabla N°76. Costo de concreto Patrón + 10% Diatomita $f^c=280\text{kg/cm}^2$

Rendimiento	m³/día = 10.00		Costo Unitario por m³ :		814.47
Recurso	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio Unitario	Parcial
MANO DE OBRA					191.41
Operario	HH	2.000	1.6	26.23	41.97
Peón	HH	10.000	8	18.68	149.44
MATERIAL					573.49
Cemento Portland Tipo I (42.5 kg)	bls		12.01	29.09	349.25
Puzolana	kg		56.70	3.00	170.09
Arena Gruesa	m ³		0.43	50.38	21.66
Piedra Chancada	m ³		0.51	61.44	31.33
Agua	m ³		0.19	6.11	1.16
EQUIPOS					49.57
Herramientas Manuales	%MO		5%	191.41	9.57
Mescladora	HM	1.000	0.8	50.00	40.00

Fuentes: Propia

Análisis de Costos Unitarios en la elaboración de 1 m³ de concreto con Ceniza Volante

Para la obtención del material se obtuvo a través de una empresa intermediaria que nos consiguió el material con el valor de 0.13 dólar por cada kg, con esto dando nos un total de S/0.50 por cada kg. En este precio ya se incluye el transporte y la extracción del material obtenido.

Tabla N°77. Costo de concreto Patrón + 5% Ceniza Volante f'c=280kg/cm²

Rendimiento	m³/día = 10.00		Costo Unitario por m³ :		678.97
Recurso	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio Unitario	Parcial
MANO DE OBRA					191.41
Operario	HH	2.000	1.6	26.23	41.97
Peón	HH	10.000	8	18.68	149.44
MATERIAL					437.99
Cemento Portland Tipo I (42.5 kg)	bls		12.67	29.09	368.66
Puzolana	kg		28.35	0.50	14.17
Arena Gruesa	m ³		0.45	50.38	22.67
Piedra Chancada	m ³		0.51	61.44	31.33
Agua	m ³		0.19	6.11	1.16
EQUIPOS					49.57
Herramientas Manuales	%MO		5%	191.41	9.57
Mescladora	HM	1.000	0.8	50.00	40.00

Fuentes: Propia

Tabla N°78. Costo de concreto Patrón + 7% Ceniza Volante $f'c=280\text{kg/cm}^2$

Rendimiento	m³/día = 10.00		Costo Unitario por m³ :		676.37
Recurso	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio Unitario	Parcial
MANO DE OBRA					191.41
Operario	HH	2.000	1.6	26.23	41.97
Peón	HH	10.000	8	18.68	149.44
MATERIAL					435.40
Cemento Portland Tipo I (42.5 kg)	bls		12.41	29.09	360.89
Puzolana	kg		39.70	0.50	19.85
Arena Gruesa	m ³		0.44	50.38	22.17
Piedra Chancada	m ³		0.51	61.44	31.33
Agua	m ³		0.19	6.11	1.16
EQUIPOS					49.57
Herramientas Manuales	%MO		5%	191.41	9.57
Mescladora	HM	1.000	0.8	50.00	40.00

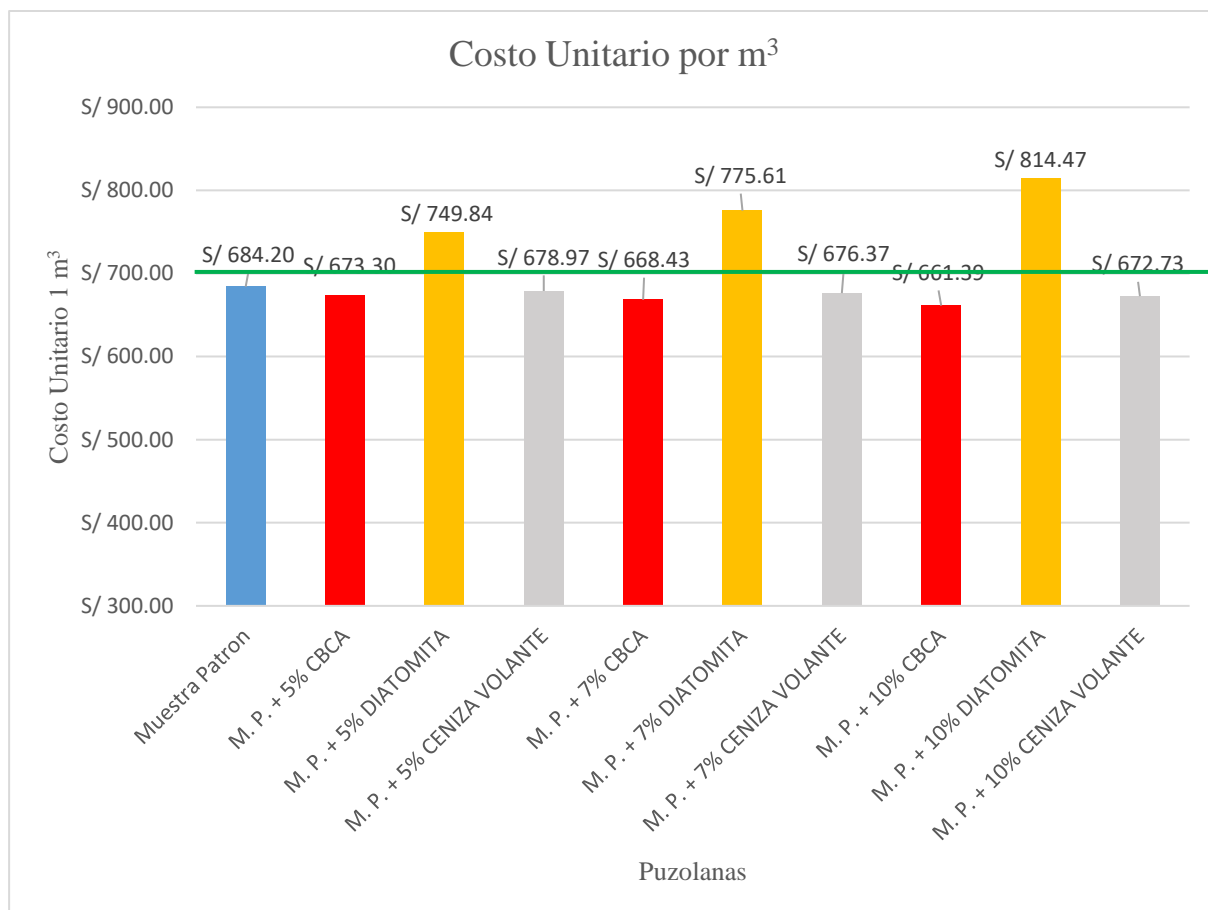
Fuentes: Propia

Tabla N°79. Costo de concreto Patrón + 10% Ceniza Volante $f'c=280\text{kg/cm}^2$

Rendimiento	m³/día = 10.00		Costo Unitario por m³ :		672.73
Recurso	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio Unitario	Parcial
MANO DE OBRA					191.41
Operario	HH	2.000	1.6	26.23	41.97
Peón	HH	10.000	8	18.68	149.44
MATERIAL					431.76
Cemento Portland Tipo I (42.5 kg)	bls		12.01	29.09	349.25
Puzolana	kg		56.70	0.50	28.35
Arena Gruesa	m ³		0.43	50.38	21.66
Piedra Chancada	m ³		0.51	61.44	31.33
Agua	m ³		0.19	6.11	1.16
EQUIPOS					49.57
Herramientas Manuales	%MO		5%	191.41	9.57
Mescladora	HM	1.000	0.8	50.00	40.00

Fuentes: Propia

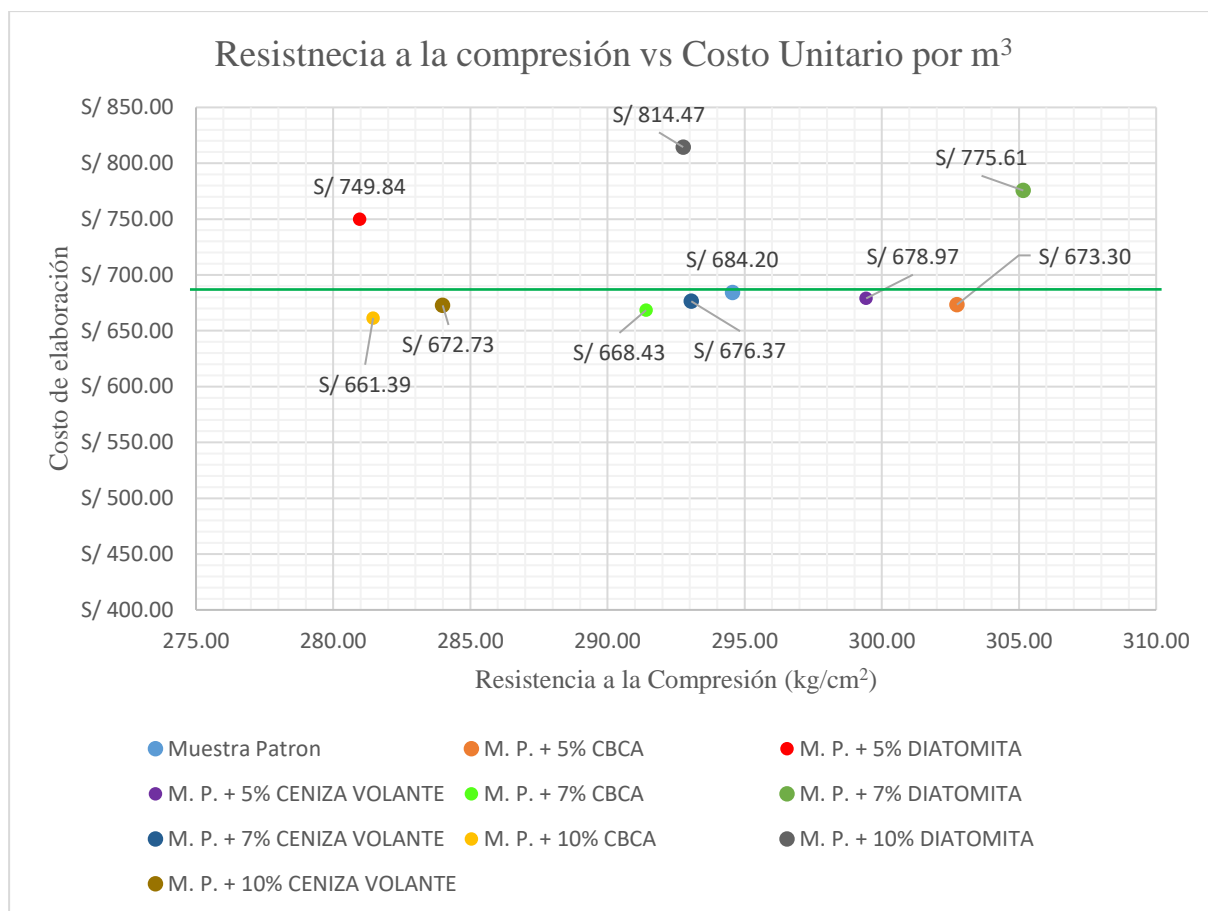
Gráfico N°11. RESUMEN DE LOS PRECIOS DE ELABORACIÓN DE LAS MEZCLAS DE DISEÑO PARA CONCRETOS CON ADICIONES DE PUZOLANAS PARA UNA RESISTENCIA DE $F'c=280 \text{ KG/CM}^2$



Fuentes: Propia

- ✓ Del siguiente cuadro podemos decir que los diseños que han sido adicionados con CBCA y Ceniza Volante tienen un precio unitario de fabricación por debajo del diseño patrón, estos correspondiendo al valor más bajo obtenido por la CBCA al 10% con un costo de S/661.39 y la Ceniza Volante con un precio también menor al del diseño patrón con S/672.73.
- ✓ Análisis de precios unitarios arrojó en la fabricación de 1 m^3 de concreto adicionando 10% de Diatomita es la mezcla más cara de elaboración con un valor de S/ 814.47

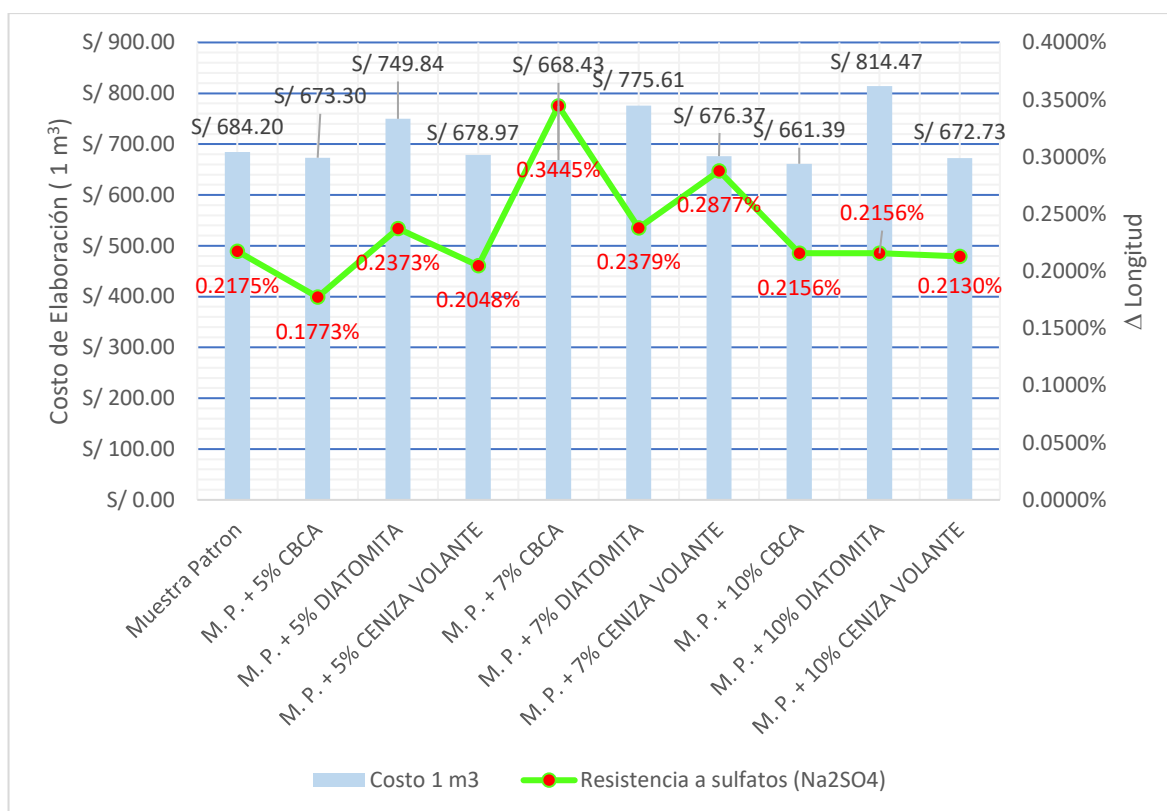
Tabla N°80. Comparación de Costo-Resistencia a la compresión $f^c=280 \text{ kg/cm}^2$ adicionado CBCA, Diatomita y Ceniza Volante



- ✓ En el grafico podemos interpretar al analizar los datos que para un concreto de $f^c=280 \text{ kg/cm}^2$ tenemos que la adición del 5%, 7% y 10% de CBCA, cumplen las resistencias de diseño con 302.74 kg/cm^2 , 291.41 kg/cm^2 y 281.46 kg/cm^2 respectivamente, con un precio menor al precio de la mezcla de diseño S/ 673.30, con valores de S/ 668.43, S/ 594.76 y S/ 661.39 respectivamente.
- ✓ También tenemos que la adición del 5%, 7% y 10% de Ceniza Volante, cumplen las resistencias de diseño con 299.43 kg/cm^2 , 293.05 kg/cm^2 y 283.99 kg/cm^2 respectivamente, con un precio menor al precio de la mezcla de diseño S/ 678.97, con valores de S/ 678.97, S/ 676.37 y S/ 672.73 respectivamente.

- ✓ El diseño de mezcla más caro obtenido es por la adición de 10% de Diatomita, con un valor de S/ 814.47 con una resistencia de 292.76 kg/cm².

Tabla N°81. Comparación de Costo-Resistencia a los Sulfatos $f'c=280$ kg/cm² adicionado CBCA, Diatomita y Ceniza Volante



- ✓ Del siguiente gráfico obtenemos que la CBCA adicionada al 5%, es la muestra con menor variación de longitud con 0.1773% a un precio de S/ 673.30 y la Ceniza Volante al 5% muestra una variación de 0.2048% a un costo de S/678.97. Las adiciones al 10% de CBCA, Diatomita y Ceniza Volante, se expande de manera similar a la muestra patrón.

Tabla N°82. RESUMEN DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE TODAS LAS MUESTRAS

Variables	M. Patrón	CBCA 5%	CBCA 7%	CBCA 10%
Resistencia Requerida	294.56 kg/cm ²	302.74 kg/cm ²	291.41 kg/cm ²	281.46 kg/cm ²
Resistencia a los sulfatos	0.217%	0.177%	0.345%	0.216%
Precios Unitarios	S/ 684.20	S/ 673.30	S/ 668.43	S/ 661.39
Variables	M. Patrón	DIATOMITA 5%	DIATOMITA 7%	DIATOMITA 10%
Resistencia Requerida	294.56 kg/cm ²	280.97 kg/cm ²	305.16 kg/cm ²	281.46 kg/cm ²
Resistencia a los sulfatos	0.217%	0.237%	0.238%	0.216%
Precios Unitarios	S/ 684.20	S/ 749.84	S/ 775.61	S/ 814.47
Variables	M. Patrón	CENIZA VOLANTE 5%	CENIZA VOLANTE 7%	CENIZA VOLANTE 10%
Resistencia Requerida	294.56 kg/cm ²	299.43 kg/cm ²	293.05 kg/cm ²	283.99 kg/cm ²
Resistencia a los sulfatos	0.217%	0.205%	0.288%	0.213%
Precios Unitarios	S/ 684.20	S/ 678.97	S/ 676.37	S/ 672.73

- ✓ De esta tabla resumen identificamos el comportamiento de todas las puzolanas, teniendo un mejor comportamiento la CBCA y la Ceniza Volante, cumpliendo y mejorando los valores en resistencia a la compresión, resistencia a los sulfatos y reducir los valores de fabricación por debajo del diseño de muestra patrón.

Discusión

1. Se identifico que la ceniza de bagazo de caña de azúcar que tiene grandes concentraciones de 67% de Oxido de Sílice y 6.2% de Trióxidos de Aluminio coincidiendo con [8] que identifico que la CBCA su composición varia en un rango de 55% a 75% de óxido de sílice y alumina de 5% a 10%, los cuales ayudarán a la mezcla en la composición de cal hidratada.

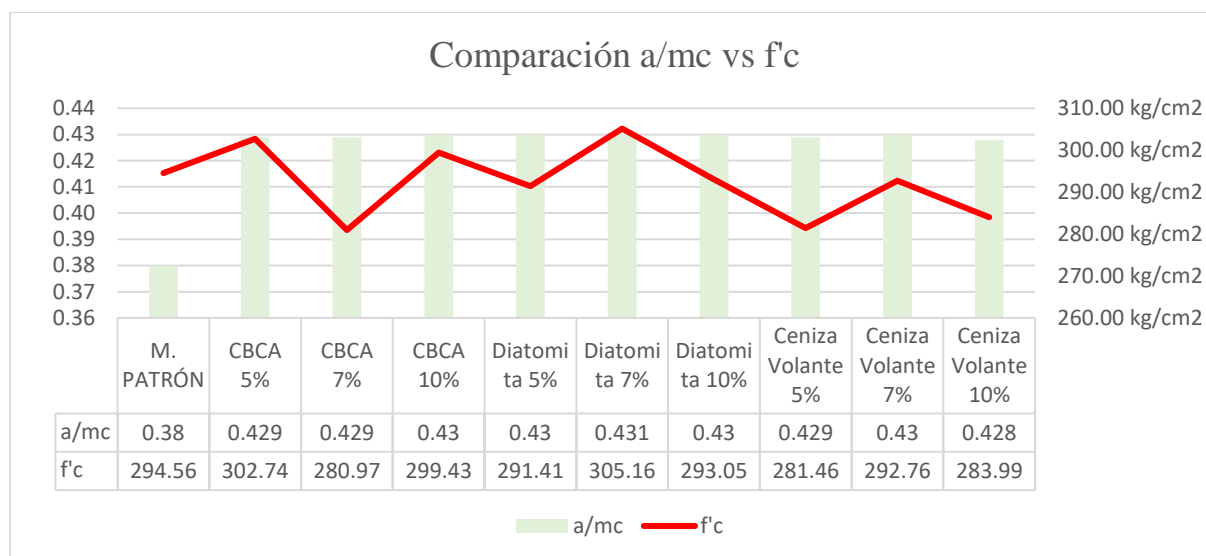
2. En la Diatomita se identificó que tiene grandes concentraciones de 85% de Oxido de Sílice y 2.62% de Trióxido de Aluminio, una perdida por calcinación de 7.34%, una densidad 1.739 g/cm³, humedad de 0.27% y cumpliendo con la NTP 334.045 Cementos, para el porcentaje retenido de 1.12% de su muestra por el tamiz N° 325. [11]

En comparación con la Ceniza Volante se identificó que tiene grandes concentraciones de 51% de Oxido de Sílice y 28% de Trióxidos de Aluminio, una perdida por calcinación de 2.1%, una densidad 2.045 g/cm³, humedad de 0.16% y cumpliendo con la NTP 334.045 Cementos, para el porcentaje retenido de 1.26% de su muestra por el tamiz N° 325. [10]

La alta concentración de sílice y aluminio apporto en cuanto a la resistencia del concreto de forma efectiva hasta un 9.6% más de la muestra patrón. La resistencia en la expansión por sulfatos también se vio mejorada gracias a la mayor presencia de la cal hidratada generada por estas cenizas. Todas estas mejoraron estas propiedades en concentraciones de 5% del material cementante.

3. Se realizó un diseño de mezcla según el ACI, considerando una mezcla de resistencia media a sulfatos, se planteó una relación agua cemento de 0.38, la cual se tomó para la muestra patrón. A partir del diseño propuesto se calculó para cada uno de los diseños, con las características de la puzolana agregada y los ajustes correspondientes, dando nos los siguientes datos.

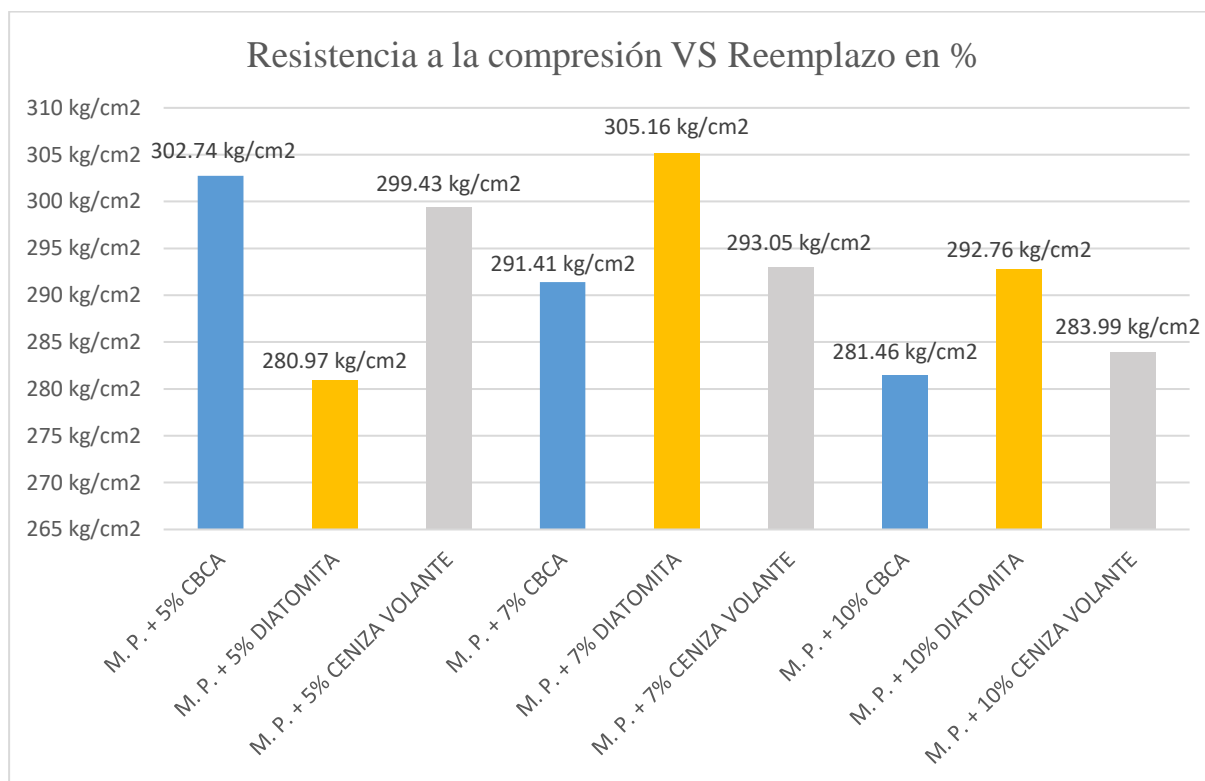
Gráfico N°12. COMPARACIÓN DE LA RELACIÓN AGUA/MATERIAL CEMENTANTE CON LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO



La resistencia a la compresión no se ve reducida por el reemplazo al 5%, 7% y 10% del material cementante por puzolanas, a pesar de la variación de relación agua-material cementante, como podemos observar la variación lineal en el gráfico, no hay variación de la resistencia a compresión, con lo cual concordando con lo dicho por los autores de [26], los cuales nos hablan, del material puzolánico y cómo influye en su comportamiento del concreto y como llega a variar en la relación agua-cemento, pero no genera cambios en su resistencia, significativos que pueda comprometer a la resistencia de diseño.

4. El siguiente Grafico muestra la resistencia a la compresión comparando con el porcentaje de reemplazo de ceniza de bagazo de caña de azúcar, diatomita y ceniza volante, al 5%, 7% y 10% dando nos los siguientes resultados.

Gráfico N°13. RELACIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON LOS DIFERENTES PORCENTAJES DE 5%, 7% Y 10%



El comportamiento de la resistencia de la CBCA es debido a que es fino y poroso, absorbe humedad y aire, influyendo en la reacción agua-cemento, pero mantiene la resistencia porque en el tiempo de curado va soltando esta agua y aportando e hidrata eficientemente al cemento, también concentraciones mayores al 10% pueden inhibir la hidratación del cemento lo cual pueda afectar su resistencia y trabajabilidad, después de los ensayos se obtuvo 302.74 kg/cm² al 5%, 291.41 kg/cm² al 7% y 281.46 kg/cm² al 10%, los datos reflejan lo dicho en el antecedente que a medida que incrementamos el porcentaje de reemplazo va cayendo la resistencia, también que el tope para hacer mezclas de concreto con CBCA sin usar aditivos plastificantes es 10% [10].

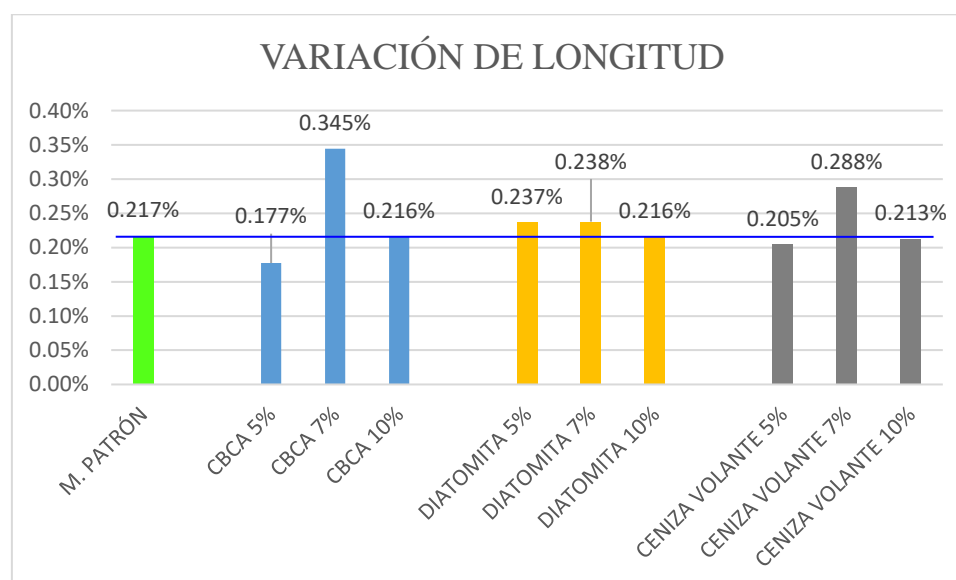
La Diatomita en menor concentración 5% tendrá bajos valores de resistencia debido a que el volumen reemplazado de cemento por esta puzolana no hidrata satisfactoriamente a la mezcla de concreto en la etapa de curado, como cuando se tiene el 7% y 10%, teniendo 280.97 kg/cm², 305.16 kg/cm² y 292.76 kg/cm² respectivamente. Con eso concordamos que la

Diatomita es un material poroso, con gran capacidad para absorber la humedad y el aire. Esta al ser agregada a una mezcla de concreto, absorbe parte del agua, lo cual influye directamente en la hidratación del cemento y así reduciendo su resistencia en edades tempranas. A medida que el concreto es curado, la diatomita va liberando el agua absorbida anteriormente, esto permitiendo que el cemento se hidrate más, lo cual aumenta su resistencia al pasar de los días de curado [25].

Estas cenizas cumplen un papel importante dentro de la mezcla de concreto, ya que influyen en las reacciones de aluminatos y hace que reduzca el calor de hidratación retardando la hidratación del aluminato tricálcico y el aluminato tetracalcico, los porcentajes por debajo del 10% reflejan tener un mejor comportamiento de 299.43 kg/cm^2 al 5% y 293.05 kg/cm^2 al 7%, cuando se empieza a llegar al 10% disminuye la resistencia aportada a 283.99 kg/cm^2 , debido a que la ceniza volante en porcentajes bajos no aporta a la reacción agua-cemento, quita humedad y aire a la mezcla para luego en el proceso de curado soltarla para darle mayor consistencia, pero en este caso los resultados nos dan que inhibe en cierta medida la reacción correcta de la mezcla afectando así a la resistencia final [9].

5. El siguiente Grafico muestra la resistencia a los sulfatos comparando con el porcentaje de reemplazo de ceniza de bagazo de caña de azúcar, diatomita y ceniza volante, al 5%, 7% y 10% dando nos los siguientes resultados.

Gráfico N°14. VARIACIÓN DE LONGITUD DE LAS PUZOLANAS



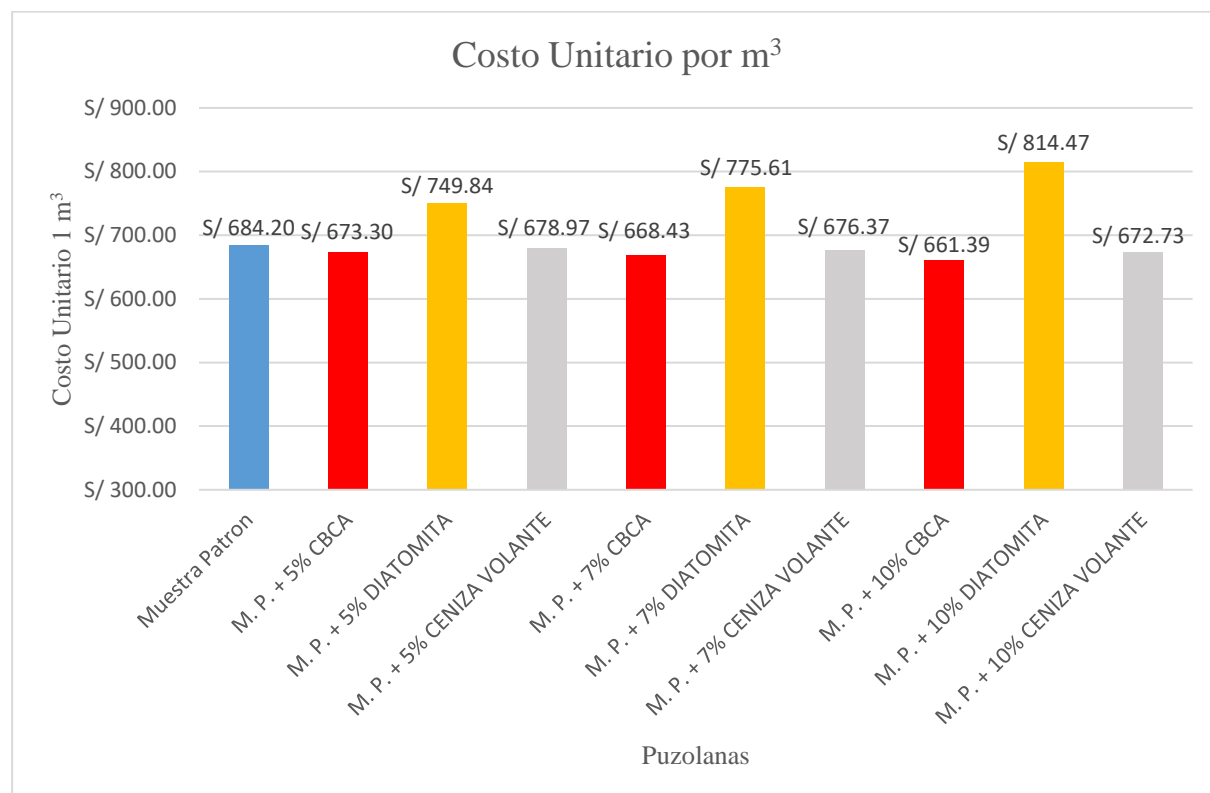
La ceniza de bagazo de caña de azúcar, la diatomita y la ceniza volante funciona como relleno de vacíos en la mezcla por sus partículas finas, lo cual ayuda hacer más consistente y densa la

estructura de la mezcla, lo cual aporta a la resistencia contra sulfatos por hacer más difícil la penetración de los sulfatos. El óxido de sílice y los aluminatos dan formación de cal hidrata con la reacción entre estos con el agua, esta cal hidrata es mucho más resistente ante sulfatos, por lo cual también aporta a esta resistencia, lo visto en el grafico coincide con [8,23,25] que el material puzolánico con altas concentraciones de óxidos de sílices y aluminatos, aportan resistencia a la mezcla, mediante la creación de cal hidratada durante el curado, esté ganando resistencia mediante la densificación y creando más enlaces internos.

De los resultados podemos decir que en estas concentraciones no se ve un aporte significativo en la mayoría de los casos, debido a un desequilibrio de las reacciones internas, la CBCA y la ceniza volante al 5% vemos un aporte en cuanto a la disminución de la expansión por sulfatos, allí se encuentra las reacciones más equilibradas y que aportan a nuestra mezcla con mejores propiedades ante sales.

6. En la realización de costos unitarios pudimos realizar la comparación económica de la fabricación de un concreto convencional de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ y uno con sustitución de cemento con ceniza de bagazo de caña de azúcar, diatomita y ceniza volante.

Gráfico N°15. VALORES UNITARIOS



Los resultados obtenidos nos arrojaron que la ceniza de bagazo llega a bajar los costos, debido a que reduce la cantidad de cemento utilizado y es reemplazo por un material más económico y eficiente. Se logró reducir de hasta S/22.81 por cada m³ elaborado, esto dando nos un porcentaje de beneficio de 3.44%, tendiendo a aumentar este porcentaje reemplazando mayor cantidad como lo dicho en [6]. La ceniza volante también es un gran reemplazo del cemento por su bajo costo, el principal inconveniente es la obtención de este material de manera particular, variando el precio según el dólar, tomando como referencia que se tuvo como costo unitario de S/ 0.50, obtuvo una reducción de costo referente a la muestra patrón, logrando una disminución S/ 11.47 que representa un 1.68%.

Conclusiones

1. Se identifico que la ceniza de bagazo de caña de azúcar de la Empresa Pomalca SAC de la ciudad de Pomalca – Chiclayo, tiene grandes concentraciones de 67% de Oxido de Sílice y 6.2% de Trióxidos de Aluminio, una perdida por ignición de 2.9%, una densidad 1.542 g/cm³, humedad de 0.31% y cumpliendo con la NTP 334.045 Cementos, para el porcentaje retenido de 12.72% de su muestra por el tamiz N° 325.

2. Las puzolanas utilizadas fueron la Diatomita obtenida de las cuencas de Arequipa y Ceniza Volante son las puzolanas con mayor accesibilidad a través del mercado en la ciudad de Chiclayo, las cuales tiene las siguientes características de composición

En la Diatomita se identificó tiene concentraciones de 85% de Oxido de Sílice y 2.62% de Trióxido de Aluminio, una perdida por calcinación de 7.34%, una densidad 1.739 g/cm³, humedad de 0.27% y cumpliendo con la NTP 334.045 Cementos, para el porcentaje retenido de 1.12% de su muestra por el tamiz N° 325.

En comparación con la Ceniza Volante Se identifico que la ceniza de bagazo de caña de azúcar que tiene grandes concentraciones de 51% de Oxido de Sílice y 28% de Trióxido de Aluminio, una perdida por calcinación de 2.1%, una densidad 2.045 g/cm³, humedad de 0.16% y cumpliendo con la NTP 334.045 Cementos, para el porcentaje retenido de 1.26% de su muestra por el tamiz N° 325.

3. Se realizo un diseño de mezcla para la muestra patrón con una relación a/c de 0.38 y luego se realizó los otros diseños de mezcla para identificar como varia con la incorporación de puzolanas, hallando que nuestra relación a/c al adicionar puzolanas se eleva a 0.43, sin afectar las características de resistencia a la compresión de la mezcla, y notando que en la mayoría de los casos vuelve más vulnerable a resistencia a los sulfatos, excepto cuando se reemplaza la CBCA y ceniza volante al 5%.

Concluir con la zona donde es accesible el producto de CBCA

4. Se concluyó que las puzolanas analizadas influyeron en la Resistencia a los Sulfatos (Na₂SO₄) del concreto de manera positiva, ya que cuando éstas sustituyeron parte del material cementante, tuvieron menor variación de longitud que la muestra patrón y demostrando que la CBCA tiende a comportarse como estas puzolanas, dándonos los siguientes datos:

- ✓ En cuanto al diseño de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ reemplazando 5%, la ceniza de bagazo de caña de azúcar y ceniza volante, presentan las menores variaciones de longitud cuando reemplazan el material cementante con 0.177% y 0.205% respectivamente, por el contrario, la diatomita en este porcentaje da mayor variación de longitud con respecto a la muestra patrón dando nos un resultado de 0.217%.
- ✓ En cuanto al diseño de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ reemplazando 7%, la ceniza de bagazo de caña de azúcar, ceniza volante y diatomita, todas ellas tienen mayor variación de longitud que la muestra patrón que es de 0.217%, teniendo una variación de 0.345%, 0.288% y 0.238% respectivamente, esto un punto negativo en cuanto al análisis, ya que no mejora la durabilidad.
- ✓ En cuanto al diseño de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ reemplazando 10%, la ceniza de bagazo de caña de azúcar, ceniza volante y diatomita, mejoran la durabilidad en poca medida presentando valores similares en cuanto a variaciones de longitud teniendo 0.215%, 0.213% y 0.216% respectivamente, expandiendo se cómo la muestra patrón.

5. Se concluyó que las cenizas analizadas influyeron en la Resistencia a la compresión del concreto de manera positiva, con la sustitución del cemento nos dieron resistencias superiores a la muestra patrón y cumpliendo con la resistencia requerida, entonces la CBCA tuvo el comportamiento como, dándonos los siguientes datos:

- ✓ En cuanto al diseño de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ reemplazando 5%, ceniza de bagazo de caña de azúcar y la ceniza volante, dan mejor resistencia a la compresión, cuando reemplazan el 5% del material cementante, dándonos 302.74 kg/cm^2 y 299.43 kg/cm^2 , por el contrario, la diatomita da 280.97 kg/cm^2 una resistencia menor a la de muestra patrón 294.56 kg/cm^2 , pero cumpliendo con la resistencia requerida.
- ✓ En cuanto al diseño de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ reemplazando 7%, la diatomita favorece en este porcentaje dando una mayor resistencia a la compresión con 305.16 kg/cm^2 , mientras que la ceniza de bagazo de caña de azúcar y la ceniza volante tienen valores de 291.41 kg/cm^2 y 293.05 kg/cm^2 respectivamente, cumplen con la resistencia requerida.
- ✓ En cuanto al diseño de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ reemplazando 10%, la ceniza de bagazo de caña de azúcar, diatomita y ceniza volante, no hay un aporte a la resistencia significativo, cumplen con la resistencia requerida, teniendo valores de 281.46 kg/cm^2 , 292.76 kg/cm^2 y 283.99 kg/cm^2 .

6. Se realizó la comparación económico y técnico de un concreto con puzolanas comerciales (diatomita y ceniza volante), frente a uno con CBCA, obteniendo así el siguiente análisis:

Resistencia a la Compresión – Beneficio Económico: La CBCA al 10% fue la puzolana que cumple con la resistencia requerida, y reduce el mayor coste, haciendo a esta la mejor alternativa en la zona de Chiclayo por la accesibilidad del producto de la caña de azúcar.

- ✓ Se logró reducir el costo por m³ con la CBCA en S/10.90 y con Ceniza Volante un S/5.23 que representan una reducción del 1.59% y 0.76% del costo respectivamente, cuando es reemplazado el 5% el material cementante, estás cumpliendo con la resistencia requerida del diseño teniendo una resistencia de 302.74 kg/cm² y 299.43 kg/cm² respectivamente. La Diatomita cumple con la resistencia requerida de 280 kg/cm², pero su costo haciende a S/749.84 superando por S/65.64 al diseño patrón, encareciendo así su producción.
- ✓ Se logró reducir el costo por m³ con la CBCA en S/15.77 que representa un 2.30% y con Ceniza Volante se logró S/ 7.83 que representa el 1.14% del costo total de fabricación, cuando es reemplazado el 7% del material cementante, estás cumpliendo con la resistencia requerida del diseño teniendo una resistencia de 291.41 kg/cm² y 293.05 kg/cm² respectivamente. La Diatomita cumple con la resistencia requerida de 280 kg/cm², pero su costo haciende a S/775.61 superando por S/91.41 al diseño patrón, encareciendo así su producción.
- ✓ Se logró reducir el costo por m³ con la CBCA en S/22.81 que representa un 3.33% y con la Ceniza Volante se logró reducir S/11.47 que representa el 1.68% del costo total de la mezcla, cuando es reemplazado el 10% del material cementante, estás cumpliendo con la resistencia requerida del diseño teniendo una resistencia de 281.46 kg/cm² y 283.99 kg/cm² respectivamente. La Diatomita cumple con la resistencia requerida de 280 kg/cm², pero su costo haciende a S/814.47 superando por S/130.27 al diseño patrón, encareciendo así su producción.

Resistencia a los Sulfatos – Beneficio Económico: La CBCA al 5% es la mejor opción al elaborar las mezclas, reduce significativamente la expansión por sulfatos y reduce el costo de elaboración, teniendo en cuenta que será más favorable siempre y cuando trabajemos en zonas de producción de caña de azúcar.

- ✓ En cuanto a la durabilidad con beneficio económico en la mezcla de concreto reemplazando al 5% del material cementante se confirmó en este porcentaje que la

CBCA se comporta mejor que la Ceniza Volante y aun menor costo de fabricación, nos dieron los siguientes datos: La ceniza de bagazo de caña de azúcar tuvo una expansión de 0.177% que representa un 18.43% con un costo unitario por m³ de S/ 673.30, y la Ceniza Volante logró mejorar la durabilidad expandiéndose 0.205% esto significando una reducción de la expansión del mortero en un 5.80% con un costo unitario por m³ de S/ 678.97. La Diatomita en este caso presento mayor expansión que la muestra patrón con un valor de 0.237%, no aportando a la resistencia ante sulfatos y teniendo un costo de S/749.84.

- ✓ En cuanto a la durabilidad con beneficio económico en la mezcla de concreto reemplazando al 7% del material cementante se concluyó que la CBCA reduce el costo a S/668.43 con una expansión de 0.345%, la Diatomita aumento el costo hasta S/ 775.61 con una expansión de 0.238% y la Ceniza Volante reduce el costo a S/676.37 con una expansión de 0.288%. Ninguna de las puzolanas logra mejorar la durabilidad de la mezcla, teniendo una expansión mayor del 0.217% obtenida por la muestra patrón.
- ✓ En cuanto a la durabilidad con beneficio económico en la mezcla de concreto reemplazando al 10% de material cementante, se determinó que la CBCA se comporta de manera similar como la Diatomita y la Ceniza Volante, logrando mejorar la durabilidad de manera mínima, reduciendo la expansión del mortero con respecto a la muestra patrón de 0.217%, la CBCA en un 0.46% con un costo de S/ 661.39, la Diatomita una reducción de 0.46% aumentando el costo, con un valor de S/814.47 y la Ceniza Volante reduciendo un 1.84% con un costo unitario de S/672.73.

Recomendaciones

- ✓ Realizar un ensayo aparte para la correcta caracterización de las puzolanas empleadas
- ✓ Aumentar la relación a/c para comparar hasta qué punto es viable el reemplazo de estas puzolanas en las mezclas de concreto, sin perjudicar la reacción correcta del cemento con el agua.
- ✓ Realizar la calcinación de CBCA en temperaturas de 600-700°C para una óptima activación
- ✓ Incrementar los porcentajes de reemplazo, para hallar mejores beneficios económicos y que comportamientos serán similares a las puzolanas en porcentajes por encima del 10%.
- ✓ Considerar aditivos plastificantes para reemplazos mayores al 10% del material cementante
- ✓ Realizar ensayos de álcali-sílice en las mezclas de concreto, para identificar si los materiales están expuestos a esta reacción.
- ✓ Realizar pruebas de durabilidad con estas puzolanas en similares porcentajes en concretos con menor resistencia.

Referencias

- [1] Económico Departamental”, INEI, Lima, económico, 09, 2022.
- [2] A. Casas y O. Maldonado, “Corporación Azucarera del Perú S.A.”, Apoyos&Asociados, FitchRantigs, Perú, económico, 3ra Emisión, 2021.
- [3] Ministerio de Comercio Exterior y Turismo. (2022, Mar 4). Ministros de Mincetur y Producción recogieron demandas de trabajadores de azucareras de Lambayeque [Online]. Available: <https://www.gob.pe/institucion/mincetur/noticias/588121-ministros-de-mincetur-y-produccion-recogieron-demandas-de-trabajadores-de-azucareras-de-lambayeque>
- [4] ANDINA. (2017, Ago 30). Lambayeque: 5,000 toneladas de caña de azúcar se muelen al día en Olmos [Online]. Available: <https://andina.pe/agencia/noticia-lambayeque-5000-toneladas-cana-azucar-se-muelen-al-dia-olmos-680348.aspx>
- [5] V. A. Franco, J. M. Mendoza, V. G. Jiménez y P. Montes, “Chloride-binding capacity of ternary concretes containing fly ash and untreated sugarcane bagasse ash”, Cement and Concrete Composites, vol. 120, pags. 1-5, 5 de Abril 2021.
- [6] T. Klathae, T. Ho, S. Men, C. Jaturapitakkul y W. Tangchirapat, “Strength, chloride resistance, and water permeability of high volume sugarcane bagasse ash high strength concrete incorporating”, Construction and Building Materials, vol. 311, pags. 1-12, 28 de Octubre del 2021.
- [7] V. Jittin y A. Bahurudeen, “Evaluation of rheological and durability characteristics of sugarcane bagasse ash and rice husk ash based binary and ternary cementitious system”, Construction and Building Materials, vol. 317, pags. 1-14, 29 de Noviembre 2021
- [8] D. Vidal, J. Torres y L. Gonzáles, “Ceniza De Bagazo De Caña Para Elaboración De Materiales De Construcción: Estudio Preliminar”, Ceniza De Bagazo De Caña Para Elaboración De Materiales De Construcción: Estudio Preliminar, vol. 48, pags. 14-22, Julio 2014.
- [9] A. Escobar, “Efecto del uso de ceniza volante en el proceso de agrietamiento del concreto por corrosión del acero de refuerzo”, tesis, Arequipa, UNSA, Nuevo León, Mexico, 2012.
- [10] E. Apaza y J. Salcedo, “Influencia de la ceniza de hoja de maíz, cáscara de cebada y bagazo de caña de azúcar (materiales puzolánicos artificiales), como sustitutos parciales del cemento en la resistencia del concreto para diseños: $f'c = 175 \text{ Kgf/cm}^2$, $f'c = 210 \text{ Kgf/cm}^2$, $f'c = 280 \text{ Kgf/cm}^2$ y $f'c = 350 \text{ Kgf/cm}^2$ en la ciudad de Arequipa”, tesis, Arequipa, UCSM, Arequipa, Perú, 2019.

- [11] M. Vega, “Análisis comparativo de la resistencia a la compresión del concreto utilizando cementos adicionados sometido a acción de Sulfatos-Ancón, 2019”, tesis, Lima, UCV, Perú, 2019.
- [16] E. Vásquez y L. Neira, “Uso de diatomita en el concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ expuesto a sulfato para potenciar su resistencia mecánica, Moyobamba, 2019”, tesis, Moyobamba, UCV, Perú, 2019.
- [14] C. Vargas, “Mejoramiento de las propiedades del concreto, mediante el uso de diatomita como sustituto parcial de cemento, Lima, 2019”, tesis, Lima, UPN, Perú, 2020.
- [12] E. Oré, “Influencia en las propiedades reológicas del concreto y en su comportamiento mediante la sustitución parcial de cemento por diatomita”, tesis, Huancayo, UPLA, Perú, 2022.
- [15] E. Sánchez y V. Takahashi, “Influencia de la adición de tierra de diatomeas en el potencial de corrosión del acero ASTM A615 dentro del concreto reforzado elaborado con cemento portland tipo I y cemento tipo ico en el distrito de Máncora – Piura”, tesis, Trujillo, UPAO, Perú, 2018.
- [13] C. Sanchez, “Estudio experimental del empleo de diatomita en la producción de concreto de alto desempeño”, tesis, Lima, UPC, Perú, 2008.
- [17] A. Gallegos y G. Chuma, “Estudio del comportamiento a la resistencia al ataque de sulfatos, resistencia a la compresión de un concreto elaborado con aglomerante y aditivo de material sedimentario”, tesis, Arequipa, UNSA, Perú, 2019.
- [18] S. Huaquisto y G. Belizario, “Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento”, *Rev. Investig. Altoandin*, vol. 20, no. 2, pp. 225-234, Marzo, 2018.
- [19] O. Molina, “La influencia de las cenizas volantes como sustituto parcial del cemento portland en la durabilidad del hormigón”, tesis, Madrid, UPM, España, 2008.
- [20] E. Martinez, “Cenizas volantes para mejorar las propiedades mecánicas del hormigón estructural”, tesis, Lima, URP, Perú, 2022.

- [21] J. Bernal, S. Mahmoud, E. Reyes y A. Moragues, “Estudio de la influencia de los medios con presencia de sulfatos en hormigones con cementos sulforresistentes y adiciones minerales”, *Rev. De la Construcción*, vol 12, no. 2, pp 14-29, Noviembre, 2013.
- [22] M. Rendón, M. Martínez, R. Martínez y M. Arroyo, “Concretos híbridos durables y sustentables, con contenidos de ceniza volante”, Instituto Mexicano del Transporte, Sanfandila, Mexico, Tec., No. 559, 2019.
- [23] M. Espada y L. Morales, “Influencia de la adición de la ceniza volante de carbón en las propiedades del concreto, en muros portuarios, lima, sector balneario de Ancon, 2018”, tesis, Lima, UPN, Perú, 2020.
- [24] J. Barrantes y R. Horguin, “Influencia del porcentaje de reemplazo de ceniza volante por cemento, sobre la resistencia a la compresión y absorción en la fabricación de adoquines de tránsito liviano”, tesis, Trujillo, UNT, Perú, 2015.
- [25] A. Al-Omari y M. Al-Awadi, “Effect of Diatomite on Concrete Strength”, *Rev Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 22, No. 10, pp. 1165-1172, Oct. 2010.
- [26] J. Flores, J. Pérez, M. Gutiérrez y J. Gonzáles, “Influencia de la relación agua/cemento en la elaboración del mortero normalizado de los cementos con puzolana”, *Rev. De la Construcción*, Vol. 52, n° 265, pp. 77-83, enero, 2002.
- [27] S. Guerrero, "Ceniza de bagazo de caña de azúcar en el concreto. Exploración preliminar del potencial de uso de la ceniza del valle del Chira", tesis, Piura, UDP, Perú, 2020
- [28] J. Larrahondo y F. Villegas, "Control y Características de Maduración", *Rev.cenicaña*, pp. 297-313, 2013.
- Normativa
- [29] S. Rebollar, A. Cervantes, B. Jaramillo, D. Cardoso y A. Rebollar; “OSTOS DE PRODUCCIÓN Y RENTABILIDAD DE LA CAÑA DE AZUCAR PARA FRUTA (Saccharum officinarum) EN UNA REGIÓN DEL ESTADO DE MÉXICO”, *Rev. Mexicana de Agronegocios*, Vol. 41, pp. 808-817, 2017
- ✓ Norma Técnica Peruana 400.012 Agregados
 - ✓ Norma Técnica Peruana 334.104 Cementos. Adiciones minerales del hormigón
 - ✓ Norma Técnica Peruana 334.090 Cementos. Cementos hidráulicos. Adicionados.

- ✓ Norma Técnica Peruana 334.045 Finura del cemento
- ✓ Norma Técnica Peruana 339.189 Ensayos a compresión de concreto
- ✓ ASTM C618-12 Especificaciones estándar para cenizas volantes de carbón cenizas crudas o calcinadas
- ✓ Norma Técnica Peruana 334.094 Resistencia a los Sulfatos
- ✓ Norma Técnica Peruana E.060 Concreto Armado.













INFORME N° LEM USAT 023-2023-II

FECHA: 26 de octubre 2023

VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ESTUDIANTE: JOHAN FABRIZZIO LOZADA SANCHEZ

TITULO DE LA TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA RESISTENCIA AL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO F'C=280KG/CM² ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR CON RESPECTO A PUZOLANAS COMERCIALES

El que suscribe, responsable del laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental, verifica y da conformidad que los siguientes ensayos de laboratorio realizados por el indicado estudiante se han efectuado en las instalaciones de la USAT, asimismo valida los ensayos realizados fuera de nuestras instalaciones siempre que no se puedan realizar en esta universidad:

- Granulometría
- Peso Unitario
- Contenido de Humedad
- Peso específico
- Determinación de Finura del Cemento Portland por el Tamiz de 45 um (N°325)
- Ensayo de Asentamiento
- Ensayo de Contenido de Aire
- Ensayo de la Temperatura
- Ensayo del Peso Unitario del concreto
- Ensayo Resistencia a la Compresión
- Ensayo para la determinación del cambio de longitud en morteros expuestos a soluciones sulfatadas

Se alcanza al interesado para los fines pertinentes.

Observación: Adjunto


Johan Fabrizzio Lozada
Sanchez

Código: 182CV83021

72544642



Henry Rivadeneyra Oblitas
Responsable de Lab Ing. Civil Ambiental

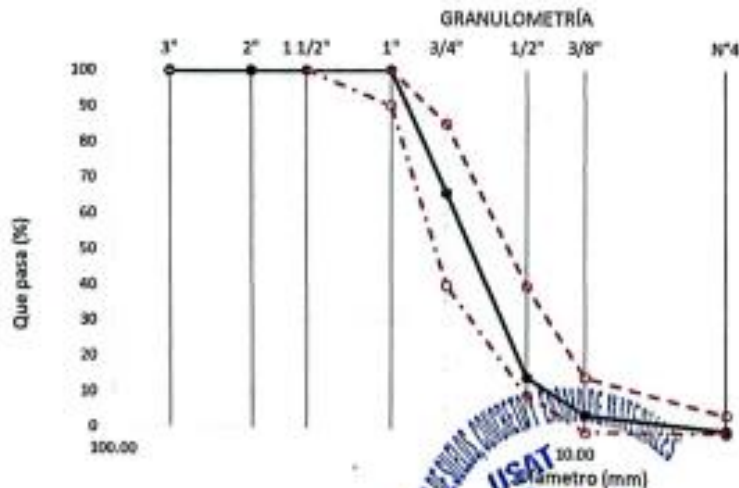

Henry Rivadeneyra Oblitas
Responsable de Lab Ing. Civil Ambiental

Solicitud de Ensayo : 1603A-23/ LEMS W&C
Solicitante : JOHAN FABRIZIO LOZADA SANCHEZ
Proyecto : TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA RESISTENCIA DEL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO F'c=280 kg/cm² ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR RESPECTO A PUZOLANAS COMERCIALES"
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
Fecha de Apertura : Jueves, 16 de marzo del 2023
Inicio de ensayo : Viernes, 17 de marzo del 2023
Fin de Ensayo : Sábado, 18 de marzo del 2023
ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 400.012 / ASTM C-136

Muestra : Piedra Chancada

Cantera : Pacherras


Análisis Granulométrico por tamizado					
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulados Retenido	% Que pasa Acumulados	HUSO
					56
2"	50.00	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	100.0	100
1"	25.00	0.0	0.0	100.0	90 - 100
3/4"	19.00	34.2	34.2	65.8	40 - 85
1/2"	12.70	50.9	85.1	14.9	10 - 40
3/8"	9.52	10.2	95.3	4.7	0 - 15
N°4	4.75	4.1	99.4	0.6	0 - 5
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL					3/4"




 Juanita Jelin
 TÉCNICO DE LABORATORIO

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante


LEMS W&C EIRL.

WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




LEMS W&C EIRL.

MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 246964

Solicitud de Ensayo : 1603A-23/ LEMS W&C
 Solicitante : JOHAN FABRIZIO LOZADA SANCHEZ

Proyecto / Obra : TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA RESISTENCIA DEL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO F'c=280 kg/cm2 ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR RESPECTO A PUZOLANAS COMERCIALES"

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
 Fecha de Apertura : Jueves, 16 de marzo del 2023
 Inicio de Ensayo : Jueves, 16 de marzo del 2023
 Fin de Ensayo : Jueves, 16 de marzo del 2023

Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)
 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)
 NTP 339.185:2013

Muestra : Arena Gruesa

Cantera: La Victoria- Pátapo

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m ³)	1462.13
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m ³)	1385.25
Contenido de Humedad	(%)	5.55

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m ³)	1584.49
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m ³)	1501.17
Contenido de Humedad	(%)	5.55

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL.
 WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



LEMS W&C EIRL.
 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 246984




Ricardo J. J. J. J. J.
 TECNICO DE LABORATORIO

INFORME

Solicitud de Ensayo : : **1603A-23/ LEMS W&C**
Solicitante : : JOHAN FABRIZIO LOZADA SANCHEZ
Proyecto / Obra : : TESIS: "ANALISIS COMPARATIVO TECNICO Y ECONOMICO DE LA RESISTENCIA DEL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO F' C=280 kg/cm² ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR RESPECTO A PUZOLANAS COMERCIALES"
Ubicación : : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
Fecha de Apertura : : Jueves, 16 de marzo del 2023
Inicio de ensayo : : Jueves, 16 de marzo del 2023
Fin de Ensayo : : Sábado, 18 de marzo del 2023

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.

REFERENCIA : N.T.P. 400.021

Muestra: Piedra Chancada

Muestra: Cantera Pachерres - Pachерres

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm ³)	2.715
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.767

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL.

WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



LEMS W&C EIRL.

MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP: 246584



TEC. LABORATORIO


Rivindreyra Jblitas Henry
TECNICO DE LABORATORIO

INFORME

Pag. 1 de 1

Solicitud de Ensayo : **1603A-23/ LEMS W&C**
Solicitante : **JOHAN FABRIZIO LOZADA SANCHEZ**

Proyecto / Obra : **TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA RESISTENCIA DEL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO F' C=280 kg/cm² ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR RESPECTO A PUZOLANAS COMERCIALES"**

Ubicación : **Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.**

Fecha de Apertura : **Jueves, 16 de marzo del 2023**

Inicio de Ensayo : **Jueves, 16 de marzo del 2023**

Fin de Ensayo : **Sábado, 18 de marzo del 2023**

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.

REFERENCIA : N.T.P. 400.022


Muestra : Arena Gruesa

Cantera : La Victoria-Pátapo

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm ³)	2.506
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	1.280

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

 **LEMS W&C EIRL.**

WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

 **LEMS W&C EIRL.**

MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP: 248994



Rivadeneiro Jollus Acuña
TÉCNICO DE LABORATORIO

Solicitud de Ensayo : 1603A-23/ LEMS W&C
Solicitante : JOHAN FABRIZIO LOZADA SANCHEZ

Proyecto / Obra : TESIS: "ANALISIS COMPARATIVO TECNICO Y ECONOMICO DE LA RESISTENCIA DEL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO F'c=280 kg/cm2 ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR RESPECTO A PUZOLANAS COMERCIALES"

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque

Fecha de Apertura : Jueves, 16 de marzo del 2023
Inicio de Ensayo : Jueves, 30 de marzo del 2023
Fin de Ensayo : Jueves, 20 de abril del 2023

Ensayo : HORMIGON (CONCRETO). Método por presión para la determinación del contenido de aire en mezclas frescas.

Referencia : NTP 339.080
Tipo de Medidor : Medidor "B"

Diseño	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm ²)	Fecha de vaciado (Días)	Contenido de aire (%)
DM-01	M.P- f'c= 280 kg/cm2	280	23/03/2023	1.6

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL.
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



LEMS W&C EIRL.
MIGUEL ÁNGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP: 246984




Rindy Mayra Jblitas Henrí
TÉCNICO DE LABORATORIO

Solicitud de Ensayo : 1603A-23/ LEMS W&C
Solicitante : JOHAN FABRIZIO LOZADA SANCHEZ

Proyecto / Obra : TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA RESISTENCIA DEL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO F'c=280 kg/cm² ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR RESPECTO A PUZOLANAS COMERCIALES"

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque
Fecha de Apertura : Jueves, 16 de marzo del 2023
Inicio de Ensayo : Jueves, 30 de marzo del 2023
Fin de Ensayo : Jueves, 20 de abril del 2023

Ensayo : HORMIGON (CONCRETO). Método por presión para la determinación del contenido de aire en mezclas frescas.
Referencia : NTP 339.080
Tipo de Medidor : Medidor "B"

Diseño	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm ²)	Fecha de vaciado (Días)	Contenido de aire (%)		
				Medido "B"	Medido "B"	Medido "B"
DM-01	M.P - f'c= 280 kg/cm ² + 5%CBCA	280	23/03/2023	15:00 pm	Medido "B"	1.50
DM-02	M.P - f'c= 280 kg/cm ² + 7%CBCA	280	23/03/2023	16:00 p.m	Medido "B"	1.40
DM-03	M.P - f'c= 280 kg/cm ² + 10%CBCA	280	23/03/2023	17:00 p.m	Medido "B"	1.30

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL.
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



LEMS W&C EIRL.
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP: 246984




Riondey Obitas Henry
TÉCNICO DE LABORATORIO

Solicitud de Ensayo : 1603A-23/ LEMS W&C
Solicitante : JOHAN FABRIZIO LOZADA SANCHEZ

Proyecto / Obra : TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA RESISTENCIA DEL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO F'c=280 kg/cm² ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR RESPECTO A PUZOLANAS COMERCIALES"

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chidayo, Depart. Lambayeque
Fecha de Apertura : Jueves, 16 de marzo del 2023
Inicio de Ensayo : Jueves, 30 de marzo del 2023
Fin de Ensayo : Jueves, 20 de abril del 2023

Ensayo : HORMIGON (CONCRETO). Método por presión para la determinación del contenido de aire en mezclas frescas.
Referencia : NTP 339.080
Tipo de Medidor : Medidor "B"

Diseño	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm ²)	Fecha de vaciado (Días)	Contenido de aire (%)		
				Medido "B"	Medido "B"	Medido "B"
DM-01	M.P - f'c= 280 kg/cm ² + 5%DIATOMITA	280	23/03/2023	11:00 a.m	Medido "B"	1.40
DM-02	M.P - f'c= 280 kg/cm ² + 7%DIATOMITA	280	23/03/2023	12:00 p.m	Medido "B"	1.30
DM-03	M.P - f'c= 280 kg/cm ² + 10%DIATOMITA	280	23/03/2023	13:00 p.m	Medido "B"	1.20

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL.

WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



LEMS W&C EIRL.

MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP: 246904



TÉCNICO DE LABORATORIO

Rivadeneira Jblitas Ferris
TÉCNICO DE LABORATORIO

Solicitud de Ensayo : 1603A-23/ LEMS W&C
 Solicitante : JOHAN FABRIZIO LOZADA SANCHEZ

Proyecto / Obra : TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA RESISTENCIA DEL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO F'c=280 kg/cm² ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR RESPECTO A PUZOLANAS COMERCIALES"

Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de Apertura : Jueves, 16 de marzo del 2023
 Inicio de Ensayo : Jueves, 30 de marzo del 2023
 Fin de Ensayo : Jueves, 20 de abril del 2023


Ensayo : HORMIGON (CONCRETO). Método por presión para la determinación del contenido de aire en mezclas frescas

Referencia : NTP 339.080
 Tipo de Medidor : Medidor "B"

Diseño	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm ²)	Fecha de vaciado (Días)	Contenido de aire (%)		
DM-01	M.P - f'c= 280 kg/cm ² + 5% CENZA VOLANTE	280	23/03/2023	11:00 a.m	Medido "B"	1.40
DM-02	M.P - f'c= 280 kg/cm ² + 7% CENZA VOLANTE	280	23/03/2023	12:00 p.m	Medido "B"	1.30
DM-03	M.P - f'c= 280 kg/cm ² + 10% CENZA VOLANTE	280	23/03/2023	13:00 p.m	Medido "B"	1.20

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.


LEMS W&C EIRL.

 WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


LEMS W&C EIRL.

 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 246904


TÉCNICO DE LABORATORIO

 RIVERA
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Solicitud de Ensayo : 1603A-23/ LEMS W&C
Solicitante : JOHAN FABRIZIO LOZADA SANCHEZ


Proyecto / Obra : TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA RESISTENCIA DEL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO F'c=280 kg/cm² ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque
Fecha de Apertura : Jueves, 16 de marzo del 2023
Inicio de Ensayo : Jueves, 30 de marzo del 2023
Fin de Ensayo : Jueves, 20 de abril del 2023

Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto. 2ª Edición
Referencia : N.T.P. 339.046 : 2008 (revisada el 2018)

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm ²)	Fecha de vaciado (Días)	DENSIDAD (Kg/m ³)
01	M.P- f'c= 280 kg/cm ²	280	23/03/2023	2308

OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,


LEMS W&C EIRL.

 WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


LEMS W&C EIRL.

 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 246984


 Ruyden y/o Solitas Jeno
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Solicitud de Ensayo : 1603A-23/ LEMS W&C
Solicitante : JOHAN FABRIZIO LOZADA SANCHEZ

Proyecto / Obra : TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA RESISTENCIA DEL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO F'c=280 kg/cm² ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque
Fecha de Apertura : Jueves, 16 de marzo del 2023
Inicio de Ensayo : Jueves, 30 de marzo del 2023
Fin de Ensayo : Jueves, 20 de abril del 2023

Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto. 2ª Edición

Referencia : N.T.P. 339.046 : 2008 (revisada el 2018)

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm ²)	Fecha de vaciado (Días)	DENSIDAD (Kg/m ³)
01	M.P - f'c= 280 kg/cm ² + 5%CBCA	280	23/03/2023	2316
02	M.P - f'c= 280 kg/cm ² + 7%CBCA	280	23/03/2023	2324
03	M.P - f'c= 280 kg/cm ² + 10%CBCA	280	23/03/2023	2350

OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,




LEMS W&C EIRL.

WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




LEMS W&C EIRL.

MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
 INGENIERO CIVIL
 OIP: 246984



TÉCNICOS DE LABORATORIO



Ricardo Rojas Jent
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Solicitud de Ensayo : 1603A-23/ LEMS W&C
Solicitante : JOHAN FABRIZIO LOZADA SANCHEZ
Proyecto / Obra : TESIS: *ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA RESISTENCIA DEL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO $f'c=280$ kg/cm² ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque
Fecha de Apertura : Jueves, 16 de marzo del 2023
Inicio de Ensayo : Jueves, 30 de marzo del 2023
Fin de Ensayo : Jueves, 20 de abril del 2023

Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto. 2ª Edición

Referencia : N.T.P. 339.046 : 2008 (revisada el 2018)

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño $f'c$ (kg/cm ²)	Fecha de vaciado (Días)	DENSIDAD (Kg/m ³)
01	M.P - $f'c= 280$ kg/cm ² + 5%DIATOMITA	280	23/03/2023	2316
02	M.P - $f'c= 280$ kg/cm ² + 7%DIATOMITA	280	23/03/2023	2324
03	M.P - $f'c= 280$ kg/cm ² + 10%DIATOMITA	280	23/03/2023	2350

OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,




LEMS W&C EIRL.
 WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




LEMS W&C EIRL.
 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 246564




Rinderlyg Boblas Aca.
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Solicitud de Ensayo : 1603A-23/ LEMS W&C
Solicitante : JOHAN FABRIZIO LOZADA SANCHEZ

Proyecto / Obra : TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA RESISTENCIA DEL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO F'c=280 kg/cm² ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR RESPECTO A PUZOLANAS COMERCIALES"

Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de Apertura : Jueves, 16 de marzo del 2023

Inicio de Ensayo : Jueves, 30 de marzo del 2023

Fin de Ensayo : Jueves, 20 de abril del 2023

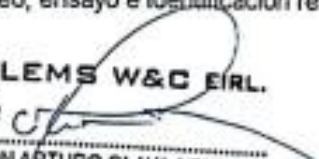
Ensayo : HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezcla de hormigón

Referencia : NTP 339.184

Diseño	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm ²)	Fecha de vaciado (Días)	DENSIDAD (Kg/m ³)
01	M.P - f'c= 280 kg/cm ² + 5% CENIZA VOLANTE	280	23/03/2023	2316.0
02	M.P - f'c= 280 kg/cm ² + 7% CENIZA VOLANTE	280	23/03/2023	2324.0
03	M.P - f'c= 280 kg/cm ² + 10% CENIZA VOLANTE	280	23/03/2023	2350.0

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.




LEMS W&C EIRL.

WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



LEMS W&C EIRL.

MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP: 248994

Rivaldo Aguirre Jblitas Jent
TÉCNICO DE LABORATORIO

Solicitud de Ensayo : 1603A-23/ LEMS W&C
 Solicitante : JOHAN FABRIZIO LOZADA SANCHEZ
 Proyecto / Obra : TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA RESISTENCIA DEL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO F'c=280 kg/cm² ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR RESPECTO A PUZOLANAS COMERCIALES"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque
 Fecha de Apertura : Jueves, 16 de marzo del 2023
 Inicio de Ensayo : Jueves, 30 de marzo del 2023
 Fin de Ensayo : Jueves, 20 de abril del 2023
 Ensayo : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland.
 Referencia : N.T.P. 339.035:2009


Diseño	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm ²)	Fecha de vaciado (Días)	Asentamiento	
				Obtenido (pulg)	Obtenido (cm)
DM-01	M.P- f'c= 280 kg/cm ²	280	23/03/2023	3 1/2	8.89

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.


LEMS W&C EIRL.

 WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


LEMS W&C EIRL.

 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 246504


USAT
 LABORATORIO DE ENSAYOS, CONTROL Y ENSAYOS DE MATERIALES


TÉCNICO LABORATORIO


 Rindemonta Jolitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Solicitud de Ensayo : 1603A-23/ LEMS W&C
Solicitante : JOHAN FABRIZIO LOZADA SANCHEZ
Proyecto / Obra : TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA RESISTENCIA DEL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO F'c=280 kg/cm² ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR RESPECTO A PUZOLANAS COMERCIALES"
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque
Fecha de Apertura : Jueves, 16 de marzo del 2023
Inicio de Ensayo : Jueves, 30 de marzo del 2023
Fin de Ensayo : Jueves, 20 de abril del 2023
Ensayo : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland.
Referencia : N.T.P. 339.035:2009

Diseño	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm ²)	Fecha de vaciado (Días)	Asentamiento	
				Obtenido (pulg)	Obtenido (cm)
DM-01	M.P - f'c= 280 kg/cm ² + 5%CBCA	280	23/03/2023	3 1/4	8.26
DM-02	M.P - f'c= 280 kg/cm ² + 7%CBCA	280	23/03/2023	3	7.62
DM-03	M.P - f'c= 280 kg/cm ² + 10%CBCA	280	23/03/2023	2 1/2	6.35

OBSERVACIONES:


- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL.
 WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



LEMS W&C EIRL.
 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 246988


 D. Ricardo Rojas
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Solicitud de Ensayo : 1603A-23/ LEMS W&C
Solicitante : JOHAN FABRIZIO LOZADA SANCHEZ
Proyecto / Obra : TESIS: "ANALISIS COMPARATIVO TECNICO Y ECONOMICO DE LA RESISTENCIA DEL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO F'c=280 kg/cm2 ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR RESPECTO A PUZOLANAS COMERCIALES"
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque
Fecha de Apertura : Jueves, 16 de marzo del 2023
Inicio de Ensayo : Jueves, 30 de marzo del 2023
Fin de Ensayo : Jueves, 20 de abril del 2023
Ensayo : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland.
Referencia : N.T.P. 339.035:2009

Diseño	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm ²)	Fecha de vaciado (Días)	Asentamiento	
				Obtenido (pulg)	Obtenido (cm)
DM-01	M.P - f'c= 280 kg/cm2 + 5%DIATOMITA	280	23/03/2023	3	7.62
DM-02	M.P - f'c= 280 kg/cm2 + 7%DIATOMITA	280	23/03/2023	2 1/2	6.35
DM-03	M.P - f'c= 280 kg/cm2 + 10%DIATOMITA	280	23/03/2023	2	5.08

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.


LEMS W&C EIRL.

 WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


LEMS W&C EIRL.

 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 246984


 Ricardo Jblitas
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Solicitud de Ensayo : 1603A-23/ LEMS W&C
Solicitante : JOHAN FABRIZIO LOZADA SANCHEZ

Proyecto / Obra : TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA RESISTENCIA DEL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO F'c=280 kg/cm2 ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR RESPECTO A PUZOLANAS COMERCIALES"

Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
Fecha de Apertura : Jueves, 16 de marzo del 2023
Inicio de Ensayo : Jueves, 30 de marzo del 2023
Fin de Ensayo : Jueves, 20 de abril del 2023

Ensayo : HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland.

Referencia : NTP 339.035.2009

Diseño	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm ²)	Fecha de vaciado (Días)	Asentamiento	
				Obtenido (pulg)	Obtenido (cm)
DM-01	M.P - f'c= 280 kg/cm ² + 5% CENIZA VOLANTE	280	23/03/2023	3	7.62
DM-02	M.P - f'c= 280 kg/cm ² + 7% CENIZA VOLANTE	280	23/03/2023	2 1/2	6.35
DM-03	M.P - f'c= 280 kg/cm ² + 10% CENIZA VOLANTE	280	23/03/2023	2	5.08


OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL.

WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



LEMS W&C EIRL.

MIGUEL ÁNGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP: 246994




Ricardo Ayra Jobitas Jara
TÉCNICO DE LABORATORIO

Solicitud de Ensayo : 1603A-23/ LEMS W&C
Solicitante : JOHAN FABRIZIO LOZADA SANCHEZ

Proyecto / Obra : TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA RESISTENCIA DEL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO F'c=280 kg/cm2 ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR RESPECTO A PUZOLANAS COMERCIALES"

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque
Fecha de Apertura : Jueves, 16 de marzo del 2023
Inicio de Ensayo : Jueves, 30 de marzo del 2023
Fin de Ensayo : Jueves, 20 de abril del 2023

Ensayo : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezcla de hormigón.
Referencia : N.T.P. 339.184

Diseño	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm ²)	Fecha de vaciado (Días)	Temperatura (C°)
DM-01	M.P- f'c= 280 kg/cm2	280	23/03/2023	32.0

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL.
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



LEMS W&C EIRL.
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP: 245984



UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS Y ESTUDIOS DE MATERIALES
USAT
TECNICISTA LABORATORIO



Riveleneira Jblitas Jency
TECNICO DE LABORATORIO

Solicitud de Ensayo : 1603A-23/ LEMS W&C
 Solicitante : JOHAN FABRIZIO LOZADA SANCHEZ
 Proyecto / Obra : TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA RESISTENCIA DEL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO F'c=280 kg/cm² ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR RESPECTO A PUZOLANAS COMERCIALES"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque
 Fecha de Apertura : Jueves, 16 de marzo del 2023
 Inicio de Ensayo : Jueves, 30 de marzo del 2023
 Fin de Ensayo : Jueves, 20 de abril del 2023
 Ensayo : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezcla de hormigón.
 Referencia : N.T.P. 339.184

Diseño	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm ²)	Fecha de vaciado (Días)	Temperatura (C°)
DM-01	M.P - f'c= 280 kg/cm ² + 5%CBCA	280	23/03/2023	31.0
DM-02	M.P - f'c= 280 kg/cm ² + 7%CBCA	280	23/03/2023	30.0
DM-03	M.P - f'c= 280 kg/cm ² + 10%CBCA	280	23/03/2023	29.0

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL.

WILSON ARTURO OLAYA AGUILERA
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



LEMS W&C EIRL.

MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP: 246596




Ripadhejra Jolitas Henry
TECNICO DE LABORATORIO



LEMS W&C EIRL

RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Chiclayo – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: lemswyceirl@gmail.com

Solicitud de Ensayo : 1603A-23/ LEMS W&C
 Solicitante : JOHAN FABRIZIO LOZADA SANCHEZ

Proyecto / Obra : TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA RESISTENCIA DEL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO F'c=280 kg/cm2 ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR RESPECTO A PUZOLANAS COMERCIALES"

Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de Apertura : Jueves, 16 de marzo del 2023

Inicio de Ensayo : Jueves, 30 de marzo del 2023

Fin de Ensayo : Jueves, 20 de abril del 2023

Ensayo : HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezcla de hormigón

Referencia : NTP 339.184

Diseño	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm ²)	Fecha de vaciado (Días)	Temperatura (C°)
DM-01	M.P - f'c= 280 kg/cm2 + 5% CENIZA VOLANTE	280	23/03/2023	32.0
DM-02	M.P - f'c= 280 kg/cm2 + 7% CENIZA VOLANTE	280	23/03/2023	31.0
DM-03	M.P - f'c= 280 kg/cm2 + 10% CENIZA VOLANTE	280	23/03/2023	30.0

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.

WILSON ARTURO CLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL.

MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP: 246904



Riviera
TÉCNICO DE LABORATORIO

Solicitud de Ensayo : 1603A-23/ LEMS W&C
Solicitante : JOHAN FABRIZIO LOZADA SANCHEZ

Proyecto / Obra : TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA RESISTENCIA DEL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO F'c=280 kg/cm² ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR RESPECTO A PUZOLANAS

Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de Apertura : Jueves, 16 de marzo del 2023
Inicio de Ensayo : Jueves, 30 de marzo del 2023
Fin de Ensayo : Jueves, 20 de abril del 2023

Ensayo : CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo.

Referencia : N.T.P. 339.034:2021

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm ²)	f'c (Kg/Cm ²)
01	Testigo 1 - D.Patrón 280	280	23/03/2023	30/03/2023	7	37606	15.13	180	209
02	Testigo 2 - D.Patrón 280	280	23/03/2023	30/03/2023	7	38952	15.10	179	218
03	Testigo 3 - D.Patrón 280	280	23/03/2023	30/03/2023	7	42852	15.11	179	239
04	Testigo 4 - D.Patrón 280	280	23/03/2023	06/04/2023	14	45722	15.09	179	256
05	Testigo 5 - D.Patrón 280	280	23/03/2023	06/04/2023	14	44033	15.18	181	243
06	Testigo 6 - D.Patrón 280	280	23/03/2023	06/04/2023	14	50203	15.13	180	279
07	Testigo 7 - D.Patrón 280	280	23/03/2023	20/04/2023	28	53120	15.11	179	296
08	Testigo 8 - D.Patrón 280	280	23/03/2023	20/04/2023	28	52339	15.18	181	289
09	Testigo 9 - D.Patrón 280	280	23/03/2023	20/04/2023	28	53799	15.15	180	299

D.P 280 = Diseño Patrón 280 Kg/cm²

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL

WILSON ARTURO OLAYA AGUIAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



TÉCNICO DE LABORATORIO



LEMS W&C EIRL

MIGUEL ANGEL RUIZ PÉRALES
INGENIERO CIVIL
CIP: 246994

TÉCNICO DE LABORATORIO

Solicitud de Ensayo : 1603A-23/ LEMS W&C
Solicitante : JOHAN FABRIZIO LOZADA SANCHEZ

Proyecto / Obra : TESIS: "ANALISIS COMPARATIVO TECNICO Y ECONOMICO DE LA RESISTENCIA DEL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO F'c=280 kg/cm² ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR RESPECTO A PUZOLANAS COMERCIALES"

Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de Apertura : Jueves, 16 de marzo del 2023
Inicio de Ensayo : Jueves, 30 de marzo del 2023
Fin de Ensayo : Jueves, 20 de abril del 2023

Ensayo : CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo.

Referencia : N.T.P. 339.034:2021

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm ²)	f'c (Kg/Cm ²)
01	Testigo 1 - M.P + 5% CBCA	280	23/03/2023	30/03/2023	7	42906	15.14	180	238
02	Testigo 2 - M.P + 5% CBCA	280	23/03/2023	30/03/2023	7	44292	15.13	180	246
03	Testigo 3 - M.P + 5% CBCA	280	23/03/2023	30/03/2023	7	47081	15.14	180	262
04	Testigo 4 - M.P + 5% CBCA	280	23/03/2023	06/04/2023	14	48570	15.34	185	263
05	Testigo 5 - M.P + 5% CBCA	280	23/03/2023	06/04/2023	14	50859	15.32	184	276
06	Testigo 6 - M.P + 5% CBCA	280	23/03/2023	06/04/2023	14	48328	15.33	185	251
07	Testigo 7 - M.P + 5% CBCA	280	23/03/2023	20/04/2023	28	55644	15.18	181	308
08	Testigo 8 - M.P + 5% CBCA	280	23/03/2023	20/04/2023	28	54967	15.37	186	296
09	Testigo 9 - M.P + 5% CBCA	280	23/03/2023	20/04/2023	28	55789	15.27	183	304

D.P 280 = Diseño Patrón 280 Kg/cm²

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.


LEMS W&C EIRL
USAT
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SECELOS

TECNICO DE LABORATORIO


LEMS W&C EIRL
MIGUEL ÁNGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP: 248994

RIVINDENYRA JUBITAS JENIS
TECNICO DE LABORATORIO

Solicitud de Ensayo : 1603A-23/ LEMS W&C
 Solicitante : JOHAN FABRIZIO LOZADA SANCHEZ
 Proyecto / Obra : TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA RESISTENCIA DEL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO F'c=280 kg/cm² ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR RESPECTO A PUZOLANAS
 Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
 Fecha de Apertura : Jueves, 16 de marzo del 2023
 Inicio de Ensayo : Jueves, 30 de marzo del 2023
 Fin de Ensayo : Jueves, 20 de abril del 2023
 Ensayo : CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo.
 Referencia : N.T.P. 339.034:2021

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm ²)	f'c (Kg/Cm ²)
01	Testigo 1 - M.P + 7% CBCA	280	23/03/2023	30/03/2023	7	41843	15.13	180	233
02	Testigo 2 - M.P + 7% CBCA	280	23/03/2023	30/03/2023	7	40773	15.23	182	224
03	Testigo 3 - M.P + 7% CBCA	280	23/03/2023	30/03/2023	7	41722	15.18	181	231
04	Testigo 4 - M.P + 7% CBCA	280	23/03/2023	06/04/2023	14	45982	15.41	186	247
05	Testigo 5 - M.P + 7% CBCA	280	23/03/2023	06/04/2023	14	47104	15.23	182	259
06	Testigo 6 - M.P + 7% CBCA	280	23/03/2023	06/04/2023	14	44248	15.32	184	240
07	Testigo 7 - M.P + 7% CBCA	280	23/03/2023	20/04/2023	28	52930	15.12	179	295
08	Testigo 8 - M.P + 7% CBCA	280	23/03/2023	20/04/2023	28	52773	15.26	183	289
09	Testigo 9 - M.P + 7% CBCA	280	23/03/2023	20/04/2023	28	52648	15.19	181	291

D.P 280 = Diseño Patrón 280 Kg/cm²

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.

WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



LEMS W&C EIRL.

MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 246994

Rivadeneira Jblitas del
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Solicitud de Ensayo : 1603A-23/ LEMS W&C
Solicitante : JOHAN FABRIZIO LOZADA SANCHEZ

Proyecto / Obra : TESIS: "ANALISIS COMPARATIVO TECNICO Y ECONOMICO DE LA RESISTENCIA DEL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO F'c=280 kg/cm2 ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR RESPECTO A PUZOLANAS
Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
Fecha de Apertura : Jueves, 16 de marzo del 2023
Inicio de Ensayo : Jueves, 30 de marzo del 2023
Fin de Ensayo : Jueves, 20 de abril del 2023

Ensayo : CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo.
Referencia : N.T.P. 339.034:2021

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm ²)	f'c (Kg/Cm ²)
01	Testigo 1 - M.P + 10% CBCA	280	23/03/2023	30/03/2023	7	32987	15.13	180	183
02	Testigo 2 - M.P + 10% CBCA	280	23/03/2023	30/03/2023	7	41795	15.26	183	229
03	Testigo 3 - M.P + 10% CBCA	280	23/03/2023	30/03/2023	7	42199	15.19	181	233
04	Testigo 4 - M.P + 10% CBCA	280	23/03/2023	06/04/2023	14	45382	15.36	185	245
05	Testigo 5 - M.P + 10% CBCA	280	23/03/2023	06/04/2023	14	43319	15.34	185	234
06	Testigo 6 - M.P + 10% CBCA	280	23/03/2023	06/04/2023	14	40233	15.35	185	217
07	Testigo 7 - M.P + 10% CBCA	280	23/03/2023	20/04/2023	28	50366	15.16	180	279
08	Testigo 8 - M.P + 10% CBCA	280	23/03/2023	20/04/2023	28	50686	15.15	180	281
09	Testigo 9 - M.P + 10% CBCA	280	23/03/2023	20/04/2023	28	51254	15.15	180	284

D.P 280 = Diseño Patrón 280 Kg/cm²

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.

WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



TECNICO DE LABORATORIO

LEMS W&C EIRL.

MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 248994

Rianda...
 TECNICO DE LABORATORIO

Solicitud de Ensayo : 1603A-23/ LEMS W&C
Solicitante : JOHAN FABRIZIO LOZADA SANCHEZ

Proyecto / Obra : TESIS: "ANALISIS COMPARATIVO TECNICO Y ECONOMICO DE LA RESISTENCIA DEL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO F'c=280 kg/cm² ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR RESPECTO A PUZOLANAS COMERCIALES"

Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de Apertura : Jueves, 16 de marzo del 2023
Inicio de Ensayo : Jueves, 30 de marzo del 2023
Fin de Ensayo : Jueves, 20 de abril del 2023

Ensayo : CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo.

Referencia : N.T.P. 339.034:2021

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm ²)	f'c (Kg/Cm ²)
01	Testigo 1 - M.P + 5% DIATOMITA	280	23/03/2023	30/03/2023	7	34192	15.13	180	190
02	Testigo 2 - M.P + 5% DIATOMITA	280	23/03/2023	30/03/2023	7	37783	15.22	182	208
03	Testigo 3 - M.P + 5% DIATOMITA	280	23/03/2023	30/03/2023	7	33940	15.17	181	188
04	Testigo 4 - M.P + 5% DIATOMITA	280	23/03/2023	06/04/2023	14	43819	15.34	185	237
05	Testigo 5 - M.P + 5% DIATOMITA	280	23/03/2023	06/04/2023	14	42751	15.32	184	232
06	Testigo 6 - M.P + 5% DIATOMITA	280	23/03/2023	06/04/2023	14	42541	15.33	185	231
07	Testigo 7 - M.P + 5% DIATOMITA	280	23/03/2023	20/04/2023	28	50817	15.18	181	281
08	Testigo 8 - M.P + 5% DIATOMITA	280	23/03/2023	20/04/2023	28	52289	15.37	186	282
09	Testigo 9 - M.P + 5% DIATOMITA	280	23/03/2023	20/04/2023	28	51357	15.27	183	280

D.P 280 = Diseño Patrón 280 Kg/cm²

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL

WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



LEMS W&C EIRL

MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP: 246984

Rivind... Jblitas Jent
TÉCNICO DE LABORATORIO

Solicitud de Ensayo : 1603A-23/ LEMS W&C
Solicitante : JOHAN FABRIZIO LOZADA SANCHEZ

Proyecto / Obra : TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA RESISTENCIA DEL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO F'c=280 kg/cm² ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR RESPECTO A PUZOLANAS

Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de Apertura : Jueves, 16 de marzo del 2023
Inicio de Ensayo : Jueves, 30 de marzo del 2023
Fin de Ensayo : Jueves, 20 de abril del 2023

Ensayo : CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo.

Referencia : N.T.P. 339.034:2021

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm ²)	f'c (Kg/Cm ²)
01	Testigo 1 - M.P + 7% DIATOMITA	280	23/03/2023	30/03/2023	7	41439	15.13	180	230
02	Testigo 2 - M.P + 7% DIATOMITA	280	23/03/2023	30/03/2023	7	41804	15.24	182	229
03	Testigo 3 - M.P + 7% DIATOMITA	280	23/03/2023	30/03/2023	7	40643	15.19	181	224
04	Testigo 4 - M.P + 7% DIATOMITA	280	23/03/2023	06/04/2023	14	47861	15.41	186	257
05	Testigo 5 - M.P + 7% DIATOMITA	280	23/03/2023	06/04/2023	14	45287	15.23	182	249
06	Testigo 6 - M.P + 7% DIATOMITA	280	23/03/2023	06/04/2023	14	46852	15.32	184	254
07	Testigo 7 - M.P + 7% DIATOMITA	280	23/03/2023	20/04/2023	28	55207	15.12	179	308
08	Testigo 8 - M.P + 7% DIATOMITA	280	23/03/2023	20/04/2023	28	54867	15.26	183	300
09	Testigo 9 - M.P + 7% DIATOMITA	280	23/03/2023	20/04/2023	28	55747	15.19	181	308

D.P 280 = Diseño Patrón 280 Kg/cm²

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



LEMS W&C EIRL.
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP: 246294

RUIZ PERALES MIGUEL ANGEL
TÉCNICO DE LABORATORIO

Solicitud de Ensayo : 1603A-23/ LEMS W&C
 Solicitante : JOHAN FABRIZIO LOZADA SANCHEZ

 Proyecto / Obra : TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA RESISTENCIA DEL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO F'c=280 kg/cm² ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR RESPECTO A PUZOLANAS
 Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
 Fecha de Apertura : Jueves, 16 de marzo del 2023
 Inicio de Ensayo : Jueves, 30 de marzo del 2023
 Fin de Ensayo : Jueves, 20 de abril del 2023

 Ensayo : CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo.
 Referencia : N.T.P. 339.034:2021

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm ²)	f'c (Kg/Cm ²)
01	Testigo 1 - M.P + 10% DIATOMITA	280	23/03/2023	30/03/2023	7	34973	15.13	180	195
02	Testigo 2 - M.P + 10% DIATOMITA	280	23/03/2023	30/03/2023	7	38767	15.24	182	212
03	Testigo 3 - M.P + 10% DIATOMITA	280	23/03/2023	30/03/2023	7	38248	15.18	181	211
04	Testigo 4 - M.P + 10% DIATOMITA	280	23/03/2023	06/04/2023	14	44379	15.36	185	240
05	Testigo 5 - M.P + 10% DIATOMITA	280	23/03/2023	06/04/2023	14	45012	15.34	185	244
06	Testigo 6 - M.P + 10% DIATOMITA	280	23/03/2023	06/04/2023	14	44579	15.35	185	241
07	Testigo 7 - M.P + 10% DIATOMITA	280	23/03/2023	20/04/2023	28	52498	15.16	180	291
08	Testigo 8 - M.P + 10% DIATOMITA	280	23/03/2023	20/04/2023	28	52860	15.15	180	293
09	Testigo 9 - M.P + 10% DIATOMITA	280	23/03/2023	20/04/2023	28	53064	15.15	180	294

D.P 280 = Diseño Patrón 280 Kg/cm²

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL.

WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



TÉCNICO DE LABORATORIO



LEMS W&C EIRL.

MIGUEL ANGEL RUIZ FÉRALES
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 246964

Rivadeneja Jolitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Solicitud de Ensayo : 1603A-23/ LEMS W&C
Solicitante : JOHAN FABRIZIO LOZADA SANCHEZ

Proyecto / Obra : TESIS: *ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA RESISTENCIA DEL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO F'c=280 kg/cm² ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR RESPECTO A PUZOLANAS
Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
Fecha de Apertura : Jueves, 16 de marzo del 2023
Inicio de Ensayo : Jueves, 30 de marzo del 2023
Fin de Ensayo : Jueves, 20 de abril del 2023

Ensayo : CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo.
Referencia : N.T.P. 339.034:2021

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm ²)	f'c (Kg/Cm ²)
01	Testigo 1 - M.P + 7% CENIZA VOLANTE	280	23/03/2023	30/03/2023	7	40533	15.12	180	225
02	Testigo 2 - M.P + 7% CENIZA VOLANTE	280	23/03/2023	30/03/2023	7	40423	15.25	182	222
03	Testigo 3 - M.P + 7% CENIZA VOLANTE	280	23/03/2023	30/03/2023	7	38895	15.20	181	215
04	Testigo 4 - M.P + 7% CENIZA VOLANTE	280	23/03/2023	06/04/2023	14	46016	15.40	186	247
05	Testigo 5 - M.P + 7% CENIZA VOLANTE	280	23/03/2023	06/04/2023	14	45252	15.22	182	248
06	Testigo 6 - M.P + 7% CENIZA VOLANTE	280	23/03/2023	06/04/2023	14	46561	15.33	184	253
07	Testigo 7 - M.P + 7% CENIZA VOLANTE	280	23/03/2023	20/04/2023	28	52292	15.13	179	291
08	Testigo 8 - M.P + 7% CENIZA VOLANTE	280	23/03/2023	20/04/2023	28	53283	15.27	183	291
09	Testigo 9 - M.P + 7% CENIZA VOLANTE	280	23/03/2023	20/04/2023	28	53681	15.21	181	296

D.P 280 = Diseño Patrón 280 Kg/cm²

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



TÉCNICO DE LABORATORIO



MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 24694

RIVERO JBLITAS HENRY
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Solicitud de Ensayo : 1603A-23/ LEMS W&C
 Solicitante : JOHAN FABRIZIO LOZADA SANCHEZ

 Proyecto / Obra : TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA RESISTENCIA DEL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO F'c=280 kg/cm² ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR RESPECTO A PUZOLANAS
 Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
 Fecha de Apertura : Jueves, 16 de marzo del 2023
 Inicio de Ensayo : Jueves, 30 de marzo del 2023
 Fin de Ensayo : Jueves, 20 de abril del 2023

 Ensayo : CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo.
 Referencia : N.T.P. 339.034:2021

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm ²)	f'c (Kg/Cm ²)
01	Testigo 1 - M.P + 10% CENIZA VOLANTE	280	23/03/2023	30/03/2023	7	38883	15.13	180	216
02	Testigo 2 - M.P + 10% CENIZA VOLANTE	280	23/03/2023	30/03/2023	7	37952	15.24	182	208
03	Testigo 3 - M.P + 10% CENIZA VOLANTE	280	23/03/2023	30/03/2023	7	38920	15.18	181	215
04	Testigo 4 - M.P + 10% CENIZA VOLANTE	280	23/03/2023	06/04/2023	14	44667	15.36	185	241
05	Testigo 5 - M.P + 10% CENIZA VOLANTE	280	23/03/2023	06/04/2023	14	42925	15.34	185	232
06	Testigo 6 - M.P + 10% CENIZA VOLANTE	280	23/03/2023	06/04/2023	14	44613	15.35	185	241
07	Testigo 7 - M.P + 10% CENIZA VOLANTE	280	23/03/2023	20/04/2023	28	51639	15.16	180	286
08	Testigo 8 - M.P + 10% CENIZA VOLANTE	280	23/03/2023	20/04/2023	28	51273	15.15	180	284
09	Testigo 9 - M.P + 10% CENIZA VOLANTE	280	23/03/2023	20/04/2023	28	50770	15.15	180	281

D.P 280 = Diseño Patrón 280 Kg/cm²

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



TÉCNICO DE LABORATORIO



MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 246944

Rivadavia Obdilas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Solicitud de ensayo: 1603A-23/ LEMS W&C
Solicitante: JOHAN FABRIZIO LOZADA SANCHEZ
Proyecto / Otra: TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA RESISTENCIA DEL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO F'c=280 kg/cm² ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR RESPECTO A PUZOLANAS COMERCIALES"
Ubicación: Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque
Fecha de apertura: Jueves, 16 de marzo del 2023
Inicio de ensayo: Jueves, 23 de marzo del 2023.
Fin de ensayo: Jueves, 22 de junio del 2023.
Ensayo: CEMENTOS. Método para determinar el cambio de longitud en morteros de cemento Portland expuestos a soluciones sulfatadas.
Referencia: NTP 334.094
Muestras: PATRÓN, Mortero 1:2.75 de relación a/c 0.485
 Especímenes moldeados en vigas de L=285.75mm, A=25.4mm, H=25.4mm
Edad: 7 días
Resistencia Mínima: 20 Mpa, Evaluado a compresión en especímenes cúbicos de 2"x2"x2"
Tipo de curado: Curado en agua y en horno por 24 horas
Solución: Sulfatada: Na2SO4, concentración: 50g/900 ml de agua diluida en agua destilada para 1L de solución
Instrumentos: Comparador
 Hornos, contenedor de curado

Mediciones de Longitud MUESTRAS PATRÓN

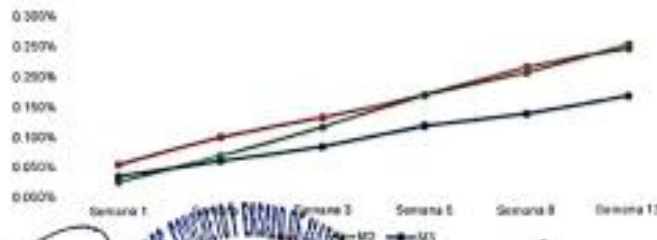

Semanas	M1	M2	M3
Barras	(mm)	(mm)	(mm)
Lectura inicial	4.453	4.157	4.077
Semana 1	4.538	4.217	4.160
Semana 2	4.648	4.323	4.221
Semana 3	4.724	4.430	4.277
Semana 5	4.814	4.560	4.352
Semana 8	4.930	4.652	4.411
Semana 12	5.057	4.777	4.484
Lectura de referencia	2.030		

Semanas	M1	M2	M3
Barras	(mm)	(mm)	(mm)
Lectura inicial	2.373	2.127	2.047
Semana 1	2.506	2.187	2.13
Semana 2	2.616	2.293	2.191
Semana 3	2.694	2.408	2.247
Semana 5	2.794	2.538	2.332
Semana 8	2.9	2.632	2.381
Semana 12	2.977	2.747	2.454
Longitud nominal del calibre	250		

Mediciones de cambios de Longitud MUESTRAS PATRÓN

Variación de Longitud	Δ M1	Δ M2	Δ M3
Semana 1	0.053%	0.024%	0.039%
Semana 2	0.097%	0.066%	0.056%
Semana 3	0.128%	0.112%	0.080%
Semana 5	0.184%	0.164%	0.114%
Semana 8	0.211%	0.202%	0.134%
Semana 12	0.242%	0.248%	0.183%

$$\Delta L = \frac{L_t - L_i}{L_i} \times 100$$

PATRÓN


LEMS W&C EIRL.
 WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


LEMS W&C EIRL.
 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 246384


 Rivaldo Jblitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Solicitud de ensayo: 1605A-23/ LEMS W&C
Solicitante: JOHAN FABRIZIO LOZADA SANCHEZ
Proyecto / Obra: TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA RESISTENCIA DEL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO F'c=280 kg/cm² ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR RESPECTO A PUZOLANAS COMERCIALES"

Ubicación: Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque
Fecha de apertura: Jueves, 16 de marzo del 2023.
Inicio de ensayo: Jueves, 23 de marzo del 2023.
Fin de ensayo: Jueves, 22 de junio del 2023.

Ensayo: CEMENTOS. Método para determinar el cambio de longitud en morteros de cemento Portland expuestos a soluciones sulfatadas
Referencia: NTP 334.094
Muestras: PATRON + 5% CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR; Mortero 1:2.75 de relación a/c 0.485
 Especímenes moldeados en vigas de L=285.75mm, A=25.4mm, H=25.4mm
Edad: 7 días
Resistencia Mínima: 20 Mpa, Evaluado a compresión en especímenes cúbicos de 2"x2"x2"
Tipo de curado: Curado en agua y en horno por 24 horas
Solución: Sulfatado: Na₂SO₄, concentración: 50g/500 ml de agua diluida en agua destilada para 1L de solución
Instrumentos: Comparador
 Hornos, contenedor de curado

Mediciones de Longitud MUESTRAS 5% CBCA

Semanas	M1	M2	M3
Barras	(mm)	(mm)	(mm)
Lectura inicial	5.032	4.777	4.266
Semana 1	5.13	4.947	4.397
Semana 2	5.216	4.997	4.521
Semana 3	5.275	5.034	4.547
Semana 5	5.301	5.096	4.625
Semana 8	5.376	5.169	4.68
Semana 12	5.425	5.232	4.748
Lectura de referencia	2.830		

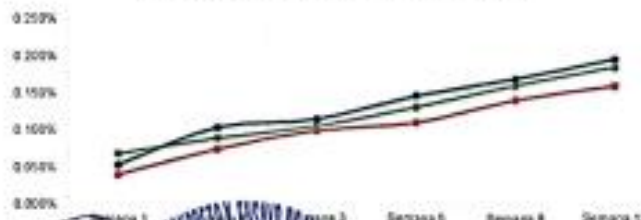
Semanas	M1	M2	M3
Barras	(mm)	(mm)	(mm)
Lectura inicial	3.002	2.747	2.236
Semana 1	3.1	2.917	2.367
Semana 2	3.186	2.987	2.491
Semana 3	3.245	3.034	2.517
Semana 5	3.271	3.088	2.566
Semana 8	3.348	3.139	2.65
Semana 12	3.395	3.202	2.718
Longitud nominal del calibre	250		

Mediciones de cambios de Longitud MUESTRAS 5% CBCA

Variación de Longitud	Δ M1	Δ M2	Δ M3
Semana 1	0.039%	0.068%	0.052%
Semana 2	0.074%	0.068%	0.102%
Semana 3	0.097%	0.103%	0.112%
Semana 5	0.108%	0.128%	0.144%
Semana 8	0.138%	0.157%	0.168%
Semana 12	0.157%	0.182%	0.193%

$$\Delta L = \frac{Lx - Li}{Lg} \times 100$$

5% CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR



[Handwritten Signature]
RIVERA JBLITAS HENRY
 TÉCNICO DE LABORATORIO

LEMS W&C EIRL.
[Signature]
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



LEMS W&C EIRL.
[Signature]
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 246994

TÉCNICO DE LABORATORIO

Solicitud de ensayo: 1803A-23/ LEMS W&C
Solicitante: JOHAN FABRIZIO LOZADA SANCHEZ
Proyecto / Obra: TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA RESISTENCIA DEL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO F'c=280 kg/cm² ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR RESPECTO A PUZOLANAS COMERCIALES"
Ubicación: Dist. Pimental, Prov. Chiclayo, Depto. Lambayeque
Fecha de apertura: Jueves, 16 de marzo del 2023
Inicio de ensayo: Jueves, 23 de marzo del 2023.
Fin de ensayo: Jueves, 22 de junio del 2023.
Ensayo: CEMENTOS. Método para determinar el cambio de longitud en morteros de cemento Portland expuestos a soluciones sulfatadas.
Referencia: NTP 334.034
Muestras: PATRON + 7% CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR; Mortero 1:2.75 de relación a/c 0.485
 Especímenes moldeados en vigas de L=285.75mm, A=25.4mm, H=25.4mm
Edad: 7 días
Resistencia Mínima: 20 Mpa, Evaluado a compresión en especímenes cúbicos de 7"x7"x2"
Tipo de curado: Curado en agua y en horno por 24 horas
Solución: Sulfatada: Na₂SO₄, concentración: 50g/900 ml de agua diluida en agua destilada para 1L de solución
Instrumentos: Comparador
 Hornos, contenedor de curado

Mediciones de Longitud MUESTRAS 7% CBCA

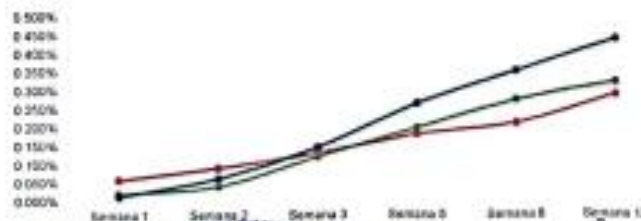
Semanas	M1	M2	M3
Barra (mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Lectura inicial	6.330	4.548	4.033
Semana 1	6.471	4.593	4.991
Semana 2	6.548	4.539	5.078
Semana 3	6.643	4.838	5.287
Semana 5	6.77	5.028	5.577
Semana 8	6.841	5.215	5.795
Semana 12	7.036	5.342	6.015
Lectura de referencia	2.930		

Semanas	M1	M2	M3
Barra (mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Lectura inicial	4.3	2.518	2.903
Semana 1	4.441	2.583	2.931
Semana 2	4.518	2.609	3.048
Semana 3	4.613	2.609	3.257
Semana 5	4.74	2.998	3.547
Semana 8	4.811	3.185	3.765
Semana 12	5.008	3.312	3.985
Longitud nominal del calibre	350		

Mediciones de cambios de Longitud MUESTRAS 7% CBCA

Variación de Longitud	Δ M1	Δ M2	Δ M3
Semana 1	0.058%	0.018%	0.011%
Semana 2	0.089%	0.039%	0.058%
Semana 3	0.125%	0.116%	0.142%
Semana 5	0.178%	0.192%	0.258%
Semana 8	0.204%	0.267%	0.349%
Semana 12	0.283%	0.318%	0.433%

$$\Delta L = \frac{L_2 - L_1}{L_1} \times 100$$

7% CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR



 Wilson Arturo Olaya Aguilar
 TÉCNICO DE LABORATORIO


LEMS W&C EIRL
 WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




LEMS W&C EIRL
 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 246984

TÉCNICO DE LABORATORIO

Solicitud de ensayo: 1803A-03/ LEMS W&C
Solicitante: JOHAN FABRIZIO LOZADA SANCHEZ
Proyecto / Obra: TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA RESISTENCIA DEL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO F'c=280 kg/cm² ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR RESPECTO A PUZOLANAS COMERCIALES"
Ubicación: Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque
Fecha de apertura: Jueves, 16 de marzo del 2023
Inicio de ensayo: Jueves, 23 de marzo del 2023.
Fin de ensayo: Jueves, 22 de junio del 2023.
Ensayo: CEMENTOS. Método para determinar el cambio de longitud en morteros de cemento Portland expuestos a soluciones sulfatadas.
Referencia: NTP 334.034
Muestras: PATRON + 10% CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR. Mortero 1:2.75 de relación a/c 0.485
 Especímenes moldeados en vigas de L=285.75mm, A=25.4mm, H=25.4mm
Edad: 7 días.
Resistencia Mínima: 20 Mpa, Evaluado a compresión en especímenes cúbicos de 2"x2"x2"
Tipo de curado: Curado en agua y en horno por 24 horas
Solución: Sulfatada: Na₂SO₄, concentración: 50g/900 ml de agua diluida en agua destilada para 1L de solución
Instrumentos: Comparador
 Horno, contenedor de curado

Mediciones de Longitud MUESTRAS 10% CBCA

Semana	Barras	M1	M2	M3
		(mm)	(mm)	(mm)
lectura Inicial		6.590	6.278	6.933
Semana 1		6.681	6.313	6.961
Semana 2		6.906	6.419	7.078
Semana 3		6.993	6.488	7.287
Semana 5		7.030	6.518	7.377
Semana 6		7.081	6.575	7.595
Semana 12		7.118	6.642	7.658
Lectura de referencia		2.030		

Semana	Barras	M1	M2	M3
		(mm)	(mm)	(mm)
lectura Inicial		4.66	4.249	4.903
Semana 1		4.651	4.383	4.931
Semana 2		4.876	4.389	5.046
Semana 3		4.963	4.458	5.257
Semana 5		5	4.493	5.347
Semana 6		5.051	4.545	5.565
Semana 12		5.088	4.612	5.626
Longitud nominal del calibre		250		

Mediciones de cambios de Longitud MUESTRAS 10% CBCA

Variación de Longitud	Δ M1	Δ M2	Δ M3
Semana 1	0.036%	0.014%	0.011%
Semana 2	0.126%	0.058%	0.058%
Semana 3	0.161%	0.084%	0.142%
Semana 5	0.176%	0.096%	0.178%
Semana 6	0.196%	0.119%	0.203%
Semana 12	0.211%	0.146%	0.290%

$$\Delta L = \frac{L_t - L_i}{L_i} \times 100$$



Riudeneira Jhonny Henry
TÉCNICO DE LABORATORIO

WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

USAT
 INSTITUTO NACIONAL DE NORMAS TÉCNICAS Y CONTROL DE CALIDAD

MIGUEL ÁNGEL RUIZ PERALES
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 246964

TÉCNICO DE LABORATORIO

Solicitud de ensayo: 1603A-23/ LEMS W&C
Solicitante: JOHAN FABRIZIO LOZADA SANCHEZ
Proyecto / Obra: TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA RESISTENCIA DEL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO F'c=280 kg/cm² ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAJO DE CAÑA DE AZÚCAR RESPECTO A PUZOLANAS COMERCIALES"

Ubicación: Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque
Fecha de apertura: Jueves, 16 de marzo del 2023
Inicio de ensayo: Jueves, 23 de marzo del 2023.
Fin de ensayo: Jueves, 22 de junio del 2023.

Ensayo: CEMENTOS. Método para determinar el cambio de longitud en morteros de cemento Portland expuestos a soluciones sulfatadas.
Referencia: NTP 334.094
Muestras: PATRON + 5% DIATOMITA; Mortero 1:2.75 de relación a/c 0.465
 Especímenes moldeados en vigas de L=285.75mm, A=25.4mm, H=25.4mm
Edad: 7 días
Resistencia Mínima: 20 Mpa. Evaluado a compresión en especímenes cúbicos de 2"x2"x2"
Tipo de curado: Curado en agua y en horno por 24 horas
Solución: Sulfatada: Na2SO4, concentración: 50g/100 ml de agua diluida en agua destilada para 1L de solución
Instrumentos: Compasador
 Horno, contenedor de curado

Mediciones de Longitud MUESTRAS 5% DIATOMITA

Semana	M1	M2	M3
Barras	(mm)	(mm)	(mm)
Lectura Inicial	5.45	5.106	4.93
Semana 1	5.548	5.276	5.051
Semana 2	5.634	5.428	5.205
Semana 3	5.793	5.463	5.211
Semana 5	5.819	5.547	5.389
Semana 8	5.974	5.688	5.477
Semana 12	6.013	5.741	5.512
Lectura de referencia	2.030		

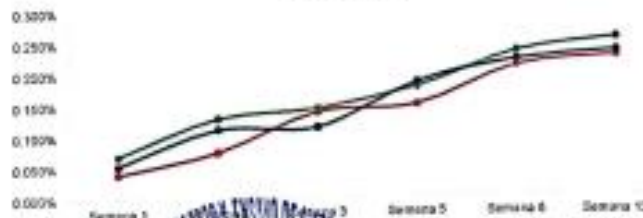
Semana	M1	M2	M3
Barras	(mm)	(mm)	(mm)
Lectura Inicial	3.42	3.076	2.9
Semana 1	3.518	3.246	3.031
Semana 2	3.604	3.398	3.175
Semana 3	3.763	3.433	3.181
Semana 5	3.789	3.517	3.359
Semana 8	3.944	3.658	3.447
Semana 12	3.983	3.711	3.482
Longitud nominal del calibre	250		

Mediciones de cambios de Longitud MUESTRAS 5% DIATOMITA

Variación de Longitud	Δ M1	Δ M2	Δ M3
Semana 1	0.030%	0.060%	0.052%
Semana 2	0.074%	0.128%	0.110%
Semana 3	0.137%	0.142%	0.112%
Semana 5	0.149%	0.178%	0.184%
Semana 8	0.210%	0.233%	0.219%
Semana 12	0.226%	0.254%	0.223%

$$\Delta L = \frac{L_t - L_i}{L_i} \times 100$$

5% DIATOMITA



LEMS W&C EIRL
 WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



LEMS W&C EIRL.
 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 246984

(Handwritten signature)
 RUIZ PERALES MIGUEL A.
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Solicitud de ensayo: 1693A-23/ LEMS W&C
Solicitante: JOHAN FARRIZZO LOZADA SANCHEZ
Proyecto / Obra: TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA RESISTENCIA DEL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO F'c=280 kg/cm² ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR RESPECTO A PUZOLANAS COMERCIALES"
Ubicación: Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depto. Lambayeque
Fecha de apertura: Jueves, 16 de marzo del 2023
Inicio de ensayo: Jueves, 23 de marzo del 2023.
Fin de ensayo: Jueves, 22 de junio del 2023.
Ensayo: CEMENTOS, Método para determinar el cambio de longitud en mortero de cemento Portland expuestos a soluciones sulfatadas
Referencia: NTP 334.004
Muestras: PATRON + 7% DIATOMITA; Mortero 1:2.75 de relación w/c 0.485
 Especímenes moldeados en vigas de L=285.75mm, A=25.4mm, H=25.4mm
Edad: 7 días
Resistencia Mínima: 20 Mpa, Evaluado a compresión en especímenes cúbicos de 2"x2"x2"
Tipo de curado: Curado en agua y en horno por 24 horas
Solución: Sulfatada: Na2SO4, concentración: 50g/900 ml de agua diluida en agua destilada para 1L de solución
Instrumentos: Comparador
 Hornos, contenedor de curado

Mediciones de Longitud MUESTRAS 7% DIATOMITA

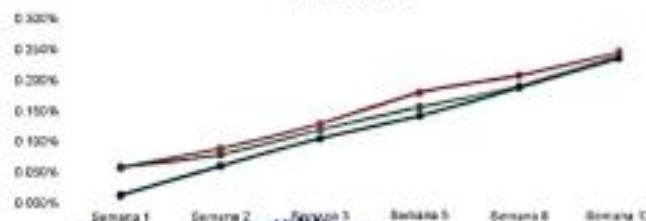
Semanas	M1	M2	M3
Barras	(mm)	(mm)	(mm)
Lectura Inicial	5.448	4.977	5.297
Semana 1	5.589	5.122	5.325
Semana 2	5.664	5.168	5.442
Semana 3	5.761	5.267	5.551
Semana 5	5.888	5.357	5.641
Semana 8	5.950	5.444	5.759
Semana 12	6.056	5.571	5.879
Lectura de referencia	2.930		

Semanas	M1	M2	M3
Barras	(mm)	(mm)	(mm)
Lectura Inicial	3.478	2.947	3.267
Semana 1	3.559	3.092	3.299
Semana 2	3.634	3.138	3.412
Semana 3	3.731	3.237	3.521
Semana 5	3.858	3.327	3.611
Semana 8	3.929	3.414	3.729
Semana 12	4.028	3.541	3.849
Longitud nominal del calibre	250		

Mediciones de cambios de Longitud MUESTRAS 7% DIATOMITA

Variación de Longitud	Δ M1	Δ M2	Δ M3
Semana 1	0.056%	0.058%	0.011%
Semana 2	0.089%	0.079%	0.058%
Semana 3	0.125%	0.116%	0.102%
Semana 5	0.170%	0.152%	0.138%
Semana 8	0.204%	0.187%	0.185%
Semana 12	0.247%	0.239%	0.233%

$$\Delta L = \frac{L_n - L_i}{L_p} \times 100$$

7% DIATOMITA



 Rivaldo Pérez Joltas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO


 WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




 MIGUEL ÁNGEL RUIZ PERALES
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 246984

TÉCNICO DE LABORATORIO

Solicitud de ensayo: 1803A-23/ LEMS W&C
Solicitante: JOHAN FABRIZZIO LOZADA SANCHEZ
Proyecto / Obra: TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA RESISTENCIA DEL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO F'c=280 kg/cm² ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR RESPECTO A PUZZOLANAS COMERCIALES"
Ubicación: Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque
Fecha de apertura: Jueves, 16 de marzo del 2023
Inicio de ensayo: Jueves, 23 de marzo del 2023.
Fin de ensayo: Jueves, 22 de junio del 2023.
Ensayo: CEMENTOS: Método para determinar el cambio de longitud en morteros de cemento Portland expuestos a soluciones sulfatadas
Referencia: NTP 334.094
Muestras: PATRON + 10% DIATOMITA; Mortero 1:2.75 de relación a/c 0.485
 Especímenes moldeados en vigas de L=285.75mm, A=25.4mm, H=25.4mm
Edad: 7 días
Resistencia Mínima: 20 Mpa, Evaluado a compresión en especímenes cúbicos de 2"x2"x2"
Tipo de curado: Curado en agua y en homo por 24 horas
Solución: Sulfatada: Na2SO4, concentración: 50g/900 ml de agua diluida en agua destilada para 1L de solución
Instrumentos: Comparador
 Homo, contenedor de curado

Mediciones de Longitud MUESTRAS 10% DIATOMITA

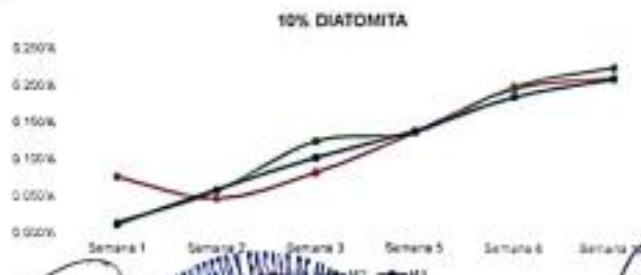
Semanas	M1	M2	M3
Barra (mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Lectura Inicial	6.908	6.807	6.497
Semana 1	7.099	6.842	6.523
Semana 2	7.024	6.948	6.542
Semana 3	7.111	7.117	6.751
Semana 5	7.248	7.147	6.841
Semana 8	7.399	7.394	6.959
Semana 12	7.436	7.371	7.022
Lectura de referencia	2.030		

Semanas	M1	M2	M3
Barra (mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Lectura Inicial	4.878	4.777	4.487
Semana 1	5.069	4.812	4.495
Semana 2	4.994	4.918	4.612
Semana 3	5.081	5.087	4.721
Semana 5	5.218	5.117	4.811
Semana 8	5.369	5.274	4.929
Semana 12	5.406	5.341	4.992
Longitud nominal del calibre	250		

Mediciones de cambios de Longitud MUESTRAS 10% DIATOMITA

Variación de Longitud	Δ M1	Δ M2	Δ M3
Semana 1	0.079%	0.014%	0.011%
Semana 2	0.045%	0.056%	0.058%
Semana 3	0.081%	0.124%	0.102%
Semana 5	0.136%	0.136%	0.138%
Semana 8	0.196%	0.199%	0.185%
Semana 12	0.211%	0.226%	0.210%

$$LL = \frac{L_t - L_i}{L_i} \times 100$$




 Rubén Ayra Jblitas Jent
 TÉCNICO DE LABORATORIO


LEMS W&C EIRL

 WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL

 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 246984

Solicitud de ensayo: 1603A-23/ LEMS W&C
Solicitante: JOHAN FABRIZZO LOZADA SANCHEZ
Proyecto / Obra: TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA RESISTENCIA DEL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO F'c=280 kg/cm² ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR RESPECTO A PUZOLANAS COMERCIALES"
Ubicación: Dist. Pimental, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque
Fecha de apertura: Jueves, 16 de marzo del 2023
Inicio de ensayo: Jueves, 23 de marzo del 2023.
Fin de ensayo: Jueves, 22 de junio del 2023.
Ensayo: CEMENTOS: Método para determinar el cambio de longitud en morteros de cemento Portland expuestos a soluciones sulfatadas
Referencia: NTP 334.084
Muestras: PATRON + 5% CENIZA VOLANTE; Mortero 1:2.75 de relación a/c 0.485
 Especímenes moldeados en vigas de L=285.75mm, A=25.4mm, H=25.4mm
Edad: 7 días
Resistencia Mínima: 20 Mpa. Evaluado a compresión en especímenes cúbicos de 2"x2"x2"
Tipo de curado: Curado en agua y en horno por 24 horas
Solución: Sulfatada: Na2SO4, concentración: 50g/100 ml de agua diluida en agua destilada para 1L de solución
Instrumentos: Comparador
 Hornos, contenedor de curado

Mediciones de Longitud MUESTRAS 5% CENIZA VOLANTE

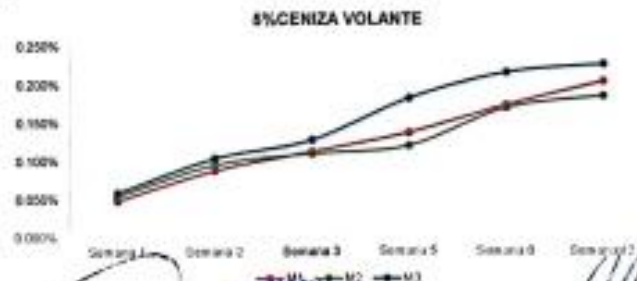
Semanas	M1	M2	M3
Barros (mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Lectura Inicial	5.011	4.812	4.251
Semana 1	5.13	4.947	4.397
Semana 2	5.228	5.049	4.509
Semana 3	5.289	5.094	4.598
Semana 5	5.351	5.11	4.705
Semana 8	5.442	5.234	4.789
Semana 12	5.52	5.274	4.817
Lectura de referencia	2.830		

Semanas	M1	M2	M3
Barros (mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Lectura Inicial	2.987	2.762	2.221
Semana 1	3.1	2.917	2.367
Semana 2	3.198	3.019	2.479
Semana 3	3.250	3.054	2.538
Semana 5	3.321	3.08	2.675
Semana 8	3.412	3.204	2.759
Semana 12	3.49	3.244	2.787
Longitud nominal del calibre	290		

Mediciones de cambios de Longitud MUESTRAS 5% CENIZA VOLANTE

Variación de Longitud	Δ M1	Δ M2	Δ M3
Semana 1	0.048%	0.054%	0.058%
Semana 2	0.097%	0.086%	0.103%
Semana 3	0.111%	0.109%	0.127%
Semana 5	0.138%	0.118%	0.182%
Semana 8	0.172%	0.168%	0.215%
Semana 12	0.204%	0.185%	0.226%

$$\Delta L = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100$$



RIVERA AGUIAR OBLITAS JENY
TÉCNICO DE LABORATORIO



LEMS W&C EIRL
 WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



USAT
 INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA



LEMS W&C EIRL
 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 246964

TÉCNICO DE LABORATORIO

Solicitud de ensayo: 1603A-23/ LEMS W&C
Solicitante: JONAN FABRIZO LOZADA SANCHEZ
Proyecto / Obra: TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA RESISTENCIA DEL ATAQUE A LOS SULFATOS DEL CONCRETO F'c=260 kg/cm² ADICIONADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR RESPECTO A PUZOLANAS COMERCIALES"
Ubicación: Dist. Pimental, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque
Fecha de apertura: Jueves, 18 de marzo del 2023
Inicio de ensayo: Jueves, 23 de marzo del 2023.
Fin de ensayo: Jueves, 22 de junio del 2023.
Ensayo: CEMENTOS. Método para determinar el cambio de longitud en morteros de cemento Portland expuestos a soluciones sulfatadas
Referencia: NTP 334.084
Muestras: PATRON + 5% CENIZA VOLANTE; Mortero 1:2.75 de relación a/c 0.485
 Especímenes moldeados en vigas de L=295.75mm, A=25.4mm, H=25.4mm
Edad: 7 días
Resistencia Mínima: 20 Mpa, Evaluado a compresión en especímenes cúbicos de 2"x2"x2"
Tipo de curado: Curado en agua y en horno por 24 horas
Solución: Sulfatada: Na₂SO₄, concentración: 50g/100 ml de agua dividida en agua destilada para 1L de solución
Instrumentos: Compensador
 Hornos, contenedor de curado

Mediciones de Longitud MUESTRAS 10% CENIZA VOLANTE

Semanas	Barras	M1	M2	M3
		(mm)	(mm)	(mm)
	Lectura Inicial	5.034	4.884	4.351
	Semana 1	5.13	4.947	4.388
	Semana 2	5.216	5.027	4.521
	Semana 3	5.305	5.121	4.635
	Semana 5	5.425	5.201	4.666
	Semana 8	5.548	5.358	4.765
	Semana 12	5.612	5.425	4.832
	Lectura de referencia	2.930		

Semanas	Barras	M1	M2	M3
		(mm)	(mm)	(mm)
	Lectura Inicial	3.004	2.854	2.321
	Semana 1	3.1	2.917	2.388
	Semana 2	3.188	2.997	2.491
	Semana 3	3.335	3.091	2.605
	Semana 5	3.395	3.171	2.668
	Semana 8	3.516	3.328	2.765
	Semana 12	3.582	3.395	2.802
	Longitud nominal del calibre	250		

Mediciones de cambios de Longitud MUESTRAS 10% CENIZA VOLANTE

Variación de Longitud	Δ M1	Δ M2	Δ M3
Semana 1	0.038%	0.055%	0.019%
Semana 2	0.073%	0.057%	0.068%
Semana 3	0.132%	0.099%	0.114%
Semana 5	0.158%	0.127%	0.139%
Semana 8	0.205%	0.190%	0.178%
Semana 12	0.231%	0.216%	0.192%

$$\Delta L = \frac{L_t - L_i}{L_i} \times 100$$




MIGUEL ANGELO RUIZ PERALES
TÉCNICO DE LABORATORIO


LEMS W&C EIRL
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




LEMS W&C EIRL
MIGUEL ANGELO RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP: 246964

TÉCNICO DE LABORATORIO