

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL



**Resistencia en concreto con cemento sustituido al 3% y 5% por
ceniza de palma aceitera de Nesuya - Pucallpa**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Paredes Yarleque Franklin Arturo

Asesor:

Solar Jara, Miguel Ángel

Código ORCID: 0000-0002-2361-2064

CHIMBOTE – PERÚ

2024

Índice General	i
Índice de Tablas	ii
Índice de Figuras	iii
Palabras claves	iv
Constancia de Originalidad	v
Título	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. Introducción	1
II. Metodología	31
III. Resultados	36
IV. Análisis y Discusión	55
V. Conclusiones	58
VI. Recomendaciones	59
VII. Referencias Bibliográficas	60
VIII. Anexo	63

Índice de Tablas

Tabla 1. Composición Química del Cemento Portland tipo I	8
Tabla 2. Componentes Químicos del Cemento Portland Tipo I en %	9
Tabla 3. Componentes Físicas del Cemento Portland Tipo I	10
Tabla 4. Requisitos Granulométricos para el agregado fino	11
Tabla 5. Características principales de los agregados	70
Tabla 6. Cuadro de % que pasa por los tamices normalizados	72
Tabla 7. Requisitos para el agua en mezcla	14
Tabla 8. Propiedades químicas de la ceniza de la palma aceitera	16
Tabla 9. Tolerancia permisible por edad de ensayo	25
Tabla 10. Propiedades y valores para la obtención de un concreto impermeable	26
Tabla 11. Conceptuación y operacionalización de la variable Dependiente	29
Tabla 12. Conceptuación y operacionalización de la variable Independiente	29
Tabla 13. Cantidad de probetas cilíndricas para la prueba de resistencia a compresión	33
Tabla 14. Resumen de la elaboración de probetas a ensayar	33
Tabla 15. Resumen de técnicas e instrumento de investigación	35
Tabla 16. Composición Química de la Ceniza de palma aceitera	38
Tabla 17. Resultados de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ patrón.....	41
Tabla 18. Promedio de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ patrón..	42
Tabla 19. Resultados de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ experimental 3% CPA	43
Tabla 20. Promedio de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ experimental 3% CPA	44
Tabla 21. Resultados de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ experimental 5% CPA	45
Tabla 22. Promedio de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ experimental 5% CPA	46
Tabla 23. Comparación entre diseño patrón y diseño experimental por la combinación de ceniza de palma aceitera en sustitución del cemento para concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ según medidas estadísticas y tiempo de ruptura	50

Índice de Figuras

Figura 1. Descripción gráfica de la prueba a compresión.	24
Figura 2. Pérdida de masa de la ceniza de palma aceitera	36
Figura 3. Curva de intersección de la ceniza de la ceniza de palma aceitera	37
Figura 4. Comparación Promedio de resistencia a la compresión a los 7 días de curado....	47
Figura 5. Comparación Promedio de resistencia a la compresión a los 14 días de curado....	47
Figura 6. Comparación Promedio de resistencia a la compresión a los 28 días de curado ...	48
Figura 7. Comparativo de resistencias a la compresión de 7,14 y 28 días de curado.....	49
Figura 8. visita a la Empresa Palm Oleo S.A.C	98
Figura 9. visita al interior de la Empresa Palm Oleo S.A.C	98
Figura 10. Mapa ubicación de la cantera de Samanco	99
Figura 11. Preparado piedra de $\frac{3}{4}$ para ensayos correspondientes	99
Figura 12. Estudio de granulometría de agregado grueso	100
Figura 13. Estudio peso unitario de agregado grueso	100
Figura 14. Estudio de peso unitario de agregado fino	101
Figura 15. Estudio de gravedad específica de agregado fino	101
Figura 16. Estudio absorción de agregado grueso	102
Figura 17. CPA pasada por malla 100 para luego ser calcinada	102
Figura 18. Desperdicio de CPA después de ser pasada por malla 100	103
Figura 19. Calcinación de CPA a 700 grados por 120 minutos.	103
Figura 20. Probetas listas, para darse el vaciado de concreto	104
Figura 21. Preparado de concreto	104
Figura 22. Llenado de probetas	105
Figura 23. Comprobación de slump de concreto patrón e experimental.	105
Figura 24. Medición de diámetro de probetas patrón e experimental	106
Figura 25. Ensayo a la compresión de probetas	106

Palabras claves

Tema : Diseño de concreto

Especialidad : Tecnología del Concreto

Key words:

Topic : Concrete Desing

Specialization : Structures

Línea de investigación:

Líneas de investigación : Estructuras

Área : Ingeniería Civil

Sub área : Ingeniería Civil

Diciplina : Ingeniería Civil



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Vicerrector de Investigación de la Universidad San Pedro:

HACE CONSTAR

Que, de la revisión del trabajo titulado **"RESISTENCIA EN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 3% y 5% POR CENIZA DE PALMA ACEITERA DE NESUYA - PUCALLPA"** del (a) estudiante: **PAREDES YARLEQUE FRANKLIN ARTURO**, identificado(a) con Código N° **1109100609**, se ha verificado un porcentaje de similitud del **25%**, el cual se encuentra dentro del parámetro establecido por la Universidad San Pedro mediante resolución de Consejo Universitario N° 5037-2019-USP/CU para la obtención de grados y títulos académicos de pre y posgrado, así como proyectos de investigación anual Docente.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Chimbote, 28 de diciembre de 2023

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Dr. JAVIER MARTÍNEZ CARRIÓN
VICERRECTOR



NOTA: Este documento carece de valor si no tiene adjunta el reporte del Software TURNITIN.

Título

Resistencia en concreto con cemento sustituido al 3% y 5% por ceniza de palma
aceitera de Nesuya - Pucallapa

Resumen

El presente proyecto de investigación se basa en determinar la resistencia a la compresión de un concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ cuando se sustituye el cemento por las cenizas de la palma aceitera traídas la ciudad de Pucallpa a un 3% y 5% en comparación a un concreto patrón.

Es una investigación aplicada y explicativa, es de enfoque cuantitativo y de diseño experimental en bloque completo al azar. La muestra será de 27 probetas: 9 para 0%, 9 para 3% y 9 para 5% de ceniza de palma aceitera. La técnica utilizada será la observación y como instrumento de registro de datos se contará con una guía de observación y fichas técnicas del laboratorio de mecánica de suelos y ensayo de materiales. Los datos serán procesados con los programas Excel y SPSS. El análisis se realizará con tablas, gráficos, porcentajes, promedios, varianzas, coeficiente de variación.

Se espera que la sustitución del cemento a un 3% y 5% por la ceniza de palma aceitera mejore la resistencia a compresión de un concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

También mencionar que esta investigación plantea a la vez una alternativa de solución al problema ambiental y logístico que se presenta a la hora de disponer de manera inadecuada la ceniza de palma aceitera, esto a través de su uso en el mejoramiento de la resistencia a compresión de un concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, considerado como uno de los materiales importantes en la industria de la construcción.

Abstract

The present research project is based on determining the compressive strength of a concrete f'_c 210 kg/cm² when the cement is replaced by the ashes of the oil palm brought to the city of Pucallpa at 3% and 5%. compared to a specific pattern.

It is an applied and explanatory research, it is of a quantitative approach and of a randomized complete block experimental design. The sample will be 27 test tubes: 9 for 0%, 9 for 3% and 9 for 5% of oil palm ash. The technique used will be observation and as a data recording instrument there will be an observation guide and technical sheets from the soil mechanics and materials testing laboratory. The data will be processed with the Excel and SPSS programs. The analysis will be carried out with tables, graphs, percentages, averages, variances, coefficient of variation.

It is expected that the substitution of cement at 3% and 5% by oil palm ash will improve the compressive strength of concrete f'_c = 210 kg/cm².

It is also worth mentioning that this research presents an alternative solution to the environmental and logistic problem that arises when disposing of oil palm ash improperly, through its use in improving the compressive strength of a concrete f'_c = 210 kg/cm², considered as one of the important materials in the construction industry.

I. INTRODUCCION

El concreto es un material muy utilizado en el ámbito de la construcción, sin embargo, aunque es resistente, tiene defectos al momento de su rotura.

El concreto de alto desempeño no se limita a características de resistencia y durabilidad; en realidad, su definición es mucho más amplia y se aplica a una amplia gama de materiales. Por lo tanto, un concreto de alto desempeño es aquel que está optimizado en términos de costo y trabajabilidad para satisfacer los requisitos de resistencia y durabilidad.

Con la ayuda de nuevas investigaciones se vienen implementando nuevos métodos de construcción y se ha incorporado una variedad de materiales ya sea comerciales o reciclados, lo que ha mejorado la resistencia del concreto.

El estudio, considera como antecedente nacional la investigación de Quispe Terrones, Vega Chuquisuta (Tarapoto - 2019). En su tesis de Titulación: “Evaluación de la influencia de ceniza de biomasa en el ladrillo para muros portantes en la ciudad de Tarapoto – 2018”. En esta investigación se tiene como objetivo general la evaluación de la influencia de ceniza de biomasa en el ladrillo para muros portantes en la ciudad de Tarapoto, se establece como objeto de trabajo. Mediante la Evaluación física y química de la ceniza de biomasa se determinó el aporte de resistencia a compresión axial, densidad y absorción que aporta la ceniza de biomasa de cuesco de palmito a un ladrillo King Kong 14 estructural para muros portantes, cuya unidad estructural se comparó con una muestra patrón a la cual se le sometió a ensayos del agregado como de la unidad de albañilería.

Los resultados obtenidos durante la investigación nos indican a la ceniza de biomasa de cuesco de palmito es un material puzolánico, ya que presenta un bajo porcentaje de carbón y componentes químicos similares al cemento, así también se estableció el porcentaje óptimo de sustitución de ceniza por cemento, así como su aporte de resistencia la compresión axial elaborando especímenes con 5%, 10%, 15%, 20% y 25% de sustitución parcial de ceniza por cemento, a los cuales se les sometió a los ensayos que dictan la norma técnica 399.604 para ladrillos de concreto.

Así mismo para, Toledo Ramírez, (Chimbote - 2019), en su tesis de Titulación: “Resistencia a compresión de mortero $f'c$ 200 kg/cm² sustituyendo parcialmente el cemento por ceniza de hoja de molle”. La investigación fue de tipo experimental, con un objetivo general de determinar la resistencia a compresión del mortero $F'c = 200$ kg/cm² a una sustitución de 10% y 20% del cemento por cenizas de hoja de molle. Para esta investigación se elaboró 27 especímenes de mortero en forma de un cubo de lados iguales (5cm x 5cm x 5cm); 9 cubos patrón, 9 cubos por la sustitución al 10% y 9 cubos por la sustitución al 20%. Durante el periodo del ensayo se realizó la técnica de observación y para complementar también usamos como instrumento fichas técnicas de laboratorio de mecánica de suelos y ensayos de materiales de la Universidad San Pedro. Como instrumento de proceso de datos se usó el programa Excel y SPSS, para analizar los datos y elaborar tablas, gráficos, porcentajes. La ceniza de hoja de molle fue elegida como la materia prima, porque contiene innumerables propiedades entre las más importante su alto nivel de óxido de silicio el cual nos indica que es óptimo para su resistencia a compresión. La resistencia promedio a la compresión del mortero patrón a los 28 días fue 199.3 kg/cm², a la sustitución del 10% de ceniza de hoja de molle obtuvo una resistencia promedio de 178.8 kg/cm². Se aprecia una disminución de 10.29% y a la sustitución del 20% de ceniza de hoja de molle obtuvo una resistencia promedio de 165.1 kg/cm². Se aprecia una disminución de 17.16%.

Por otro lado, para Matienzo, J. (2018), en su estudios: Resistencia a la compresión de un concreto $f_c = 210$ kg/cm² sustituyendo al cemento por la combinación de un 8% por el polvo de la concha de abanico y 12% por las cenizas de la cascara de arroz – 2017, tuvo como objetivo aumentar la resistencia de un concreto utilizando cenizas de cascara de arroz y polvo de conchas de abanico, ya que se conoce que ambos materiales actúan como puzolanas, en esta investigación se utilizaron los métodos análisis térmico diferencial (ATD) para determinar la pérdida de masa y calorimetría de los materiales, ensayo de fluorescencia de rayos X (FRX) para analizar la composición química, medición de la alcalinidad para determinar el pH, reemplazo del 20% del cemento por cenizas de cáscara de arroz y polvo de concha de abanico en las probetas de concreto, se determinó la pérdida de masa y calorimetría de los materiales a través del análisis

térmico diferencial (ATD), la composición química a través del ensayo de fluorescencia de rayos X (FRX), su alcalinidad para determinar su pH y su reemplazo del 20% por cenizas de cáscara de arroz y polvo de concha de abanico, lo que evaluó su potencial uso puzolánico. La resistencia a la compresión de las probetas de concreto patrón $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ se obtuvo mediante la combinación de cenizas de cascara de arroz y polvo de concha de abanico, siendo el pH de la mezcla de 14,35, indicando alcalinidad. Los resultados de cenizas de cáscara de arroz: 90.55% de suma de óxidos ($\text{SiO}_2 + \text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3$) y Polvo de concha de abanico: 98.58%. la resistencia a la compresión de las probetas con un reemplazo del 20% por cenizas de cáscara de arroz y polvo de concha de abanico fue del 52.82%, 81.08%, y 99.49% a los 7, 14, y 28 días de curado. En conclusiones la combinación de cenizas de cáscara de arroz y polvo de concha de abanico demostró ser efectiva como puzolana. Se sugiere que este método puede ser aplicado en porcentajes inferiores al 20% para obtener los mejores resultados en resistencia.

Dentro de los antecedentes internacionales tenemos ha, Igualmente, Iquique Siney (Guatemala - 2018), en su tesis de Titulación: “Estudio de las características físicas, químicas y mecánicas de la ceniza de palma africana como aditivo para mejorar las propiedades del cemento ugc”. En el presente trabajo de investigación se evaluó la ceniza de palma africana, generada durante el proceso de calcinación de los residuos de esta, como puzolana artificial (ASTM C-311 y C-618), y como adición en cal para morteros (ASTM C-593). El muestreo de la ceniza de palma africana se realizó en las instalaciones de la fábrica OLMECA, S. A., luego de trasladar la ceniza al Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) se prepararon mezclas compuestas de cemento y ceniza (65% cemento y 35% ceniza volante), para su evaluación como puzolana artificial, determinando sus principales características físico-mecánicas, así como su composición química de acuerdo a las normas ASTM y COGUANOR aplicables. Finalmente se realizan los análisis y comparación de estudios experimentales que presentan las características de la ceniza de palma africana y su reacción puzolánica, al ser combinada con cemento Portland y cemento UGC. Los resultados obtenidos muestran la actividad puzolánica de las distintas muestras de ensayo.

Del mismo modo, para Sánchez Moreno, Solano Silva (Bogotá – 2019), en su tesis de Titulación: “Análisis de viabilidad del uso de cenizas de palma de aceite mezcladas con escoria granulada y activadores alcalinos para elaboración de morteros de recubrimiento”. Esta investigación presenta el análisis de viabilidad del uso de cenizas de palma de aceite (CVPA) y escorias granuladas negras (EGN) en un remplazo progresivo del cemento Portland (CP) (25, 50, 75 y 100 %), el efecto que tiene las soluciones activadas de hidróxido de sodio (NH) y silicato de sodio (NS) en morteros elaborados con CVPA y EGN exclusivamente, y la influencia de diferentes temperaturas de curado (28 y 65°C). Se fabricaron 8 tipos de morteros incluyendo una mezcla patrón con CP, las demás mezclas varían el porcentaje de los diferentes materiales de cementante. Se evaluaron los parámetros físico-mecánicos (absorción, porosidad, densidad, resistencia a la compresión y flexión), y de durabilidad (resistencia a los sulfatos, índice de permeabilidad y abrasión), utilizando la normatividad vigente, microscopía de barrido electrónico (SEM) y análisis de visión artificial por el software Def_Geo_Imagen 1.0 y colorimetría. Se encontró que, los morteros elaborados con cenizas de palma de aceite y cemento Portland presentaron un buen desempeño frente a las propiedades mecánicas y de durabilidad, haciendo viable su uso en morteros de revestimiento para canales.

JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION:

Sabiendo que el cemento es el material más costoso (transporte, energía eléctrica, etc.) y el más usado en la industria de la construcción; proponemos una nueva opción empleando la ceniza de palma aceitera como sustituto en reemplazo de un porcentaje del peso del cemento. Así estaremos disminuyendo su alto costo.

Disminuimos el alto grado de contaminación reduciendo las horas de energía; en que se quemara esta materia prima.

La gran cantidad de ceniza de palma aceitera en la Neshuya-Pucallpa permitiría aprovecharlas en la industria de la construcción.

El alto contenido de silicio podría favorecer sobre la resistencia a la compresión de concretos fabricados con la inclusión de CPA lo que permitiría comportarse como material puzolánico.

PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA:

Dado que la construcción es una actividad que demanda la inversión de recursos que impactan de manera significativa el medio ambiente y que la demanda de vivienda de los sectores con menos ingresos va en aumento, en nuestra localidad de Chimbote sería el caso de los AA. HH, así como en las zonas rurales sería el incremento de población se optó por una solución más factible.

Por lo expuesto planteo el siguiente problema de investigación:

¿CUÁL ES LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'C = 210 KG/ CM² CUANDO SE SUSTITUYE EL CEMENTO EN UN 3% Y 5% POR CENIZA DE PALMA ACITERA DE NESUYA - PUCALLPA, EN COMPARACIÓN A UN DISEÑO CONVENCIONAL?

FUNDAMENTACION CIENTIFICA

Tecnología del concreto:

El concreto, presenta un comportamiento viscoso, mientras que la otra, formada por los agregados, muestra un comportamiento casi elástico. Estando los agregados rodeados y separados entre ellos por la pasta de cemento. Resulta así, la definición de un material heterogéneo, cuya estructura particular posibilita un comportamiento inelástico; siendo las deformaciones de la fase viscosa susceptible de ser modificadas por el tiempo y las condiciones de curado, creando tensiones internas considerables. Por otra parte, a los problemas de diseño y construcción, característicos de las fábricas de piedra, de índole mecánica según las formas y las masas de los elementos, se unen en las construcciones de concreto multitud de otros factores, que deben ser conocidos y apreciados por el Ingeniero, que interviene directamente en su fabricación desde una primera instancia. Así pues, ha de estudiar el tipo y calidad de los áridos, los problemas de fraguado y endurecimiento del aglomerante, la dosificación del conjunto, su

fabricación y puesta en obra, su comportamiento bajo la acción de las cargas y de los agentes destructivos.

Indica que, una nueva ciencia, de alta calidad experimental, tiende a solucionar estas cuestiones. Ella es la Reología, que estudia e investiga la estructura física de las pastas, su deformación y relación con las propiedades requeridas en cada tipo de construcción. En el caso del concreto normal conocemos que al ser usado en pavimentos, tiene principalísima importancia la resistencia a la tracción, al rozamiento e intemperismo y la relación que guardan con el tipo de áridos. Igualmente, en el caso del concreto en grandes masas, es necesario tener en cuenta la retracción y dilatación debida a las temperaturas de fraguado y la influencia del tipo del cemento, el curado y forma de la puesta en obra. En las obras portuarias de concreto, es preciso considerar la acción de sucesivos choques o impactos así como la acción destructora del agua de mar, incidiendo en la calidad y compacidad del agregado, la hidraulicidad de la pasta (Gonzales. M, 1962).

Indica que, en el caso del concreto armado acrecentar la resistencia a la tracción y mejorar la docilidad de las mezclas frescas son los problemas característicos que afrontan el Ingeniero. En general las altas resistencias a la compresión (6001000 Kg/cm^2) no son objeto de búsqueda en el concreto armado, pues la resistencia a la tracción no crece proporcionalmente con la de compresión. Por otra parte, el aumento consiguiente del módulo elástico trae consigo una reducción de la sección que colabora en la resistencia, al hacer abstracción de la zona solicitada a tracción.

Concreto

El hormigón (concreto) es un material compuesto empleado en construcción, formado esencialmente por un aglomerante al que se añade partículas o fragmentos de un agregado, agua y aditivos específicos.

El aglomerante: Es en la mayoría de las ocasiones cemento (generalmente cemento Portland) mezclado con una proporción adecuada de agua para que se produzca una reacción de hidratación. Las partículas de agregados, dependiendo fundamentalmente

de su diámetro medio, son los áridos (que se clasifican en grava, gravilla y arena). La sola mezcla de cemento con arena y agua (sin la participación de un agregado) se denomina mortero. Existen concretos que se producen con otros conglomerantes que no son cemento, como el concreto asfáltico que utiliza betún para realizar la mezcla.

El cemento: Es un material pulverulento que por sí mismo no es aglomerante, y que mezclado con agua, al hidratarse se convierte en una pasta moldeable con propiedades adherentes, que en pocas horas fragua y se endurece tornándose en un material de consistencia pétreo. El cemento consiste esencialmente en silicato cálcico hidratado (S-C-H), este compuesto es el principal responsable de sus características adhesivas. Se denomina cemento hidráulico cuando el cemento, resultante de su hidratación, es estable en condiciones de entorno acuosas. Además, para poder modificar algunas de sus características o comportamiento, se pueden añadir aditivos y adiciones (en cantidades inferiores al 1 % de la masa total del concreto), existiendo una gran variedad de ellos: colorantes, aceleradores, retardadores de fraguado, fluidificantes, impermeabilizantes, fibras, etc.

El concreto convencional, normalmente usado en pavimentos, edificios y otras estructuras, tiene un peso específico (densidad, peso volumétrico, masa unitaria) que varía de 2200 hasta 2400 kg/m³ (137 hasta 150 libras/piés³). La densidad del concreto varía dependiendo de la cantidad y la densidad del agregado, la cantidad de aire atrapado (ocluido) o intencionalmente incluido y las cantidades de agua y cemento. Por otro lado, el tamaño máximo del agregado influye en las cantidades de agua y cemento. Al reducirse la cantidad de pasta (aumentándose la cantidad de agregado), se aumenta la densidad. Algunos valores de densidad. En el diseño del concreto armado (reforzado), el peso unitario de la combinación del concreto con la armadura normalmente se considera 2400 kg/m³ (150 lb/ft³).

Componentes básicos: Los agregados generalmente se dividen en dos grupos: finos y gruesos.

Los agregados finos, consisten en arenas naturales o manufacturadas con tamaños de partícula que pueden llegar hasta 10 mm.

Los agregados gruesos, son aquellos cuyas partículas se retienen en la malla No. 16 y pueden variar hasta 152 mm. El tamaño máximo del agregado que se emplea comúnmente es el de 19 mm o el de 25 mm.

La pasta está compuesta de cemento Portland, agua y aire atrapado o aire incluido intencionalmente. Ordinariamente, la pasta constituye del 25 al 40 por ciento del volumen total del concreto.

Cemento

Laínez, Cruz, Martínez, y Velásquez (2012), define el cemento como un aglomerante en una mezcla de concreto, y actualmente se utilizan los denominados cementos Pórtland en sus distintos tipos los cuales al ser mezclados con agua tienen las propiedades de fraguar y endurecer. Este cemento es el resultado de pulverizar piedra caliza y arcilla los cuales se mezclan en hornos en temperatura de 1400 a 1600 grados centígrados, de esa manera se obtiene una materia llamada Clinker, la cual posee propiedades hidráulicas; por lo tanto el cemento Portland es un ligamento hidráulico que se obtiene al moler finamente el clinker de cemento Portland con una cantidad de yeso que está en el rango de 4 a 5 %. Además, para poder modificar algunas de sus características o comportamiento, se pueden añadir aditivos y adiciones (en cantidades inferiores al 1 % de la masa total del concreto).

Tabla 1

Composición Química del Cemento

Nombre	Composición de Oxido	Abreviatura
Silicato tricálcico	3CaO SiO ₂	C3S
Silicato dicálcico	2CaO SiO ₂	C2S
Aluminatatricálcica	3CaO Al ₂ O ₃	C3A
Aluminatatricálcica	4CaO Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	C3AFe

Fuente: Concreto Simple (Rivera,2010).

Descripción: Esta tabla muestra la composición química del cemento mencionado los óxidos que la conforman.

Tabla 2

Componentes Químicos del Cemento Portland Tipo I en %

Compuesto	Porcentaje
CaO	61 % - 67 %
SiO ₂	20 % - 27 %
Al ₂ O ₃	4 % - 7 %
Fe ₂ O ₃	2 % - 4 %
SO ₃	1 % - 3 %
MgO	1 % - 5 %
K ₂ O y Na ₂ O	0.25 - 1.5 %

Fuente: Concreto Simple (Rivera,2010).

Descripción: Esta tabla muestra la composición química del cemento portland tipo I mencionado los óxidos en porcentajes que la conforman.

Clases de cemento portland: Los cementos Portland, se fabrican en cinco tipos cuyas propiedades se han normalizado sobre la base de la especificación ASTM de normas para el cemento portland (C 150).

Tipo I: Es el cemento destinado a obras de concreto en general, cuando en la mismas no se especifica la utilización de los otros cuatro tipos de cemento.

Tipo II: Es el cemento destinado a obras de concreto en general y obras expuestas a la acción moderada de sulfatos o donde se requiere moderado calor de hidratación.

Tipo III: es el cemento de alta resistencia inicial. El concreto hecho con el cemento tipo III desarrolla una resistencia en tres días igual a la desarrollada en 28 días por concretos hechos con cemento tipo I o tipo II.

Tipo IV: Es el cemento del cual se requiere bajo calor de hidratación.

Tipo V: Es el cemento del cual se requiere alta resistencia a la acción de los sulfatos. Las aplicaciones típicas comprenden las estructuras hidráulicas expuestas a aguas con alto contenido de alcalosis y estructuras expuestas al agua de mar.

Características del cemento portland tipo I: El cemento tipo I es un cemento de uso general, en nuestro país este cemento es fabricado en base a la norma ASTM –C150.

Tabla 3

Composición Física del Cemento Portland Tipo I

Propiedades Físicas	Cemento tipo I	NPT 334.009
Finura mallas 100	-	
(% Retenido) 170, 200, 325	-	
S. Especifico Blaine (cm ³ /gr.)	3400	280 (min)
Peso Específico (cm ² /gr ³)	3.11	-
Expansión Autoclave (%)	0.22	0.8 (max.)
Color de Hidratación (Cal/g): 7 días	-	
Contenido de Aire (%)	10.50	12 (max.)
Fragua Vicat Inicial	2.30	45m (mini.)
(h:m) Final	5.10	375m (max.)
Resistencia a la compresión (kg/cm ²): 3 días	170	125 (min)
Resistencia a la compresión (kg/cm ²): 7 días	210	195 (min)
Resistencia a la compresión (kg/cm ²): 28 días	275	195 (min)

Fuente: Concreto Simple (Rivera,2010).

Descripción: Esta tabla muestra la composición física del cemento portland tipo I según la NPT 334.009

Agregados

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

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

Una óptima granulometría del árido fino es determinante por su requerimiento de agua más que por el acomodamiento físico. La experiencia indica que las arenas con un

módulo de finura de 3.0 han dado los mejores resultados en cuanto a trabajabilidad y resistencia a la compresión.

Tabla 4

Requisitos Granulométricos para el agregado fino

Tamiz Estándar	Limites
9.50 mm (3/8 pul)	100
4.75 mm (N°4)	95 a 100
2.36 mm (N°8)	80 a 100
1.18 mm (N°16)	50 a 85
600 um (N°30)	25 a 60
300 um (N°50)	05 a 30
150 um (N°100)	0 a 10

Fuente: Agregados. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto (NTP 400.037, 2014).

Descripción: Esta tabla muestra los requisitos granulométricos para el agregado fino según NPT 400.037.

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

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

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

Funciones en el Concreto de los agregados:

Como esqueleto o relleno adecuado para la pasta (cemento y agua), reduciendo el contenido de pasta en el metro cúbico.

Proporciona una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas de desgaste o de intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto.

Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado o de calentamiento de la pasta.

Los agregados de calidad deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril optimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia la pasta del cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables. Los agregados que contengan cantidades apreciables de esquistos o de otras rocas esquistosas, de materiales suaves y porosos, y ciertos tipos de horsteno deberán evitarse en especial, puesto que tiene baja resistencia al intemperismo y pueden ser causa de defectos en la superficie tales como erupciones como se puede observar en la tabla 5 (véase anexo 1).

Granulometría de los agregados:

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

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

La granulometría y el tamaño máximo de agregado afectan las proporciones relativas de los agregados, así como los requisitos de agua y cemento, la trabajabilidad, capacidad de bombeo, economía, porosidad, contracción como puede observarse en la table 6 (véase anexo 2).

Propiedades Físicas:

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

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

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

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

Porcentaje de Vacíos: Es la medida de volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados, depende del acomodo de las partículas por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario. Se evalúa por ASTM C 29.

Agua

El agua es un componente fundamental del concreto, ya que es necesaria para su fraguado y endurecimiento. La relación entre agua y cemento es importante, ya que influye en las propiedades del material final.

Absalón y Salas (2008) define el agua como un líquido transparente, compuesto de dos moléculas de hidrógeno y una de oxígeno, (H_2O) en estado puro es inodoro e insípido, no siempre se encuentra en estado puro por lo que puede contener en disolución gases y sales, en suspensión, polvos y a veces microbios.

El agua en el concreto ocupa un papel predominante en las reacciones del cemento durante el estado plástico, el proceso de fraguado y el estado endurecido del concreto; el agua se emplea en el concreto en dos diferentes formas, como es permitido el uso de agua potable para consumo humano como agua de mezclado en concreto sin el examen de conformidad con los requerimientos de esta especificación.

El agua en la construcción tiene entre otras, dos aplicaciones importantes.

Agua de mezclado: Agregada a la mezcla de concreto o de mortero para hacer reaccionar el aglomerante (cemento) dándole a la mezcla las propiedades resistentes deseadas y la fluidez necesaria para facilitar su manejo y colocación.

Agua de curado: Es un proceso que consiste en mantener húmedo al concreto por varios días después de su colocación, con el fin de permitir la reacción química entre el cemento y el agua (hidratación del cemento).

En los dos casos las características del agua tienen efectos diferentes sobre el concreto, pero es recomendable utilizar el agua de una sola calidad en ambos casos; ya que para la elaboración del concreto, el agua debe cumplir con determinadas normas de calidad, que pueden variar según el país y el tipo de cemento.

Tabla 7

Requisitos para el agua en mezcla

Sustancias Disueltas	Valor Máximo admisible (partes por millón)
Cloruros	300
Sulfatos	300
Sales de Magnesio	150
Sales Solubles	150
PH	Mayor a 7
Solidos en suspensión	1500
Materia Orgánica	10

Fuente: Hormigón (Concreto). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland (NTP 339.008, 2006)

Descripción: Esta tabla muestra los requisitos para el agua en la elaboración de concreto de cemento Portland según NPT 33.008.

PALMA ACEITERA

Origen y expansión: La palma aceitera tiene su origen en África Occidental, lo cual se ha comprobado por evidencias bibliográficas y aún fósiles. Es así como más concretamente, su origen se la ha atribuido a las costas del Golfo de Guinea, desde donde llegó a América a través de los viajes en los que fueron traídos muchos esclavos a este continente. Los frutos de la palma formaban parte de la dieta alimenticia de muchos pobladores de la franja tropical africana y al llegar a suelo americano, traían consigo frutos que posteriormente dieron origen a las primeras poblaciones de palmas, tal como sucedió en San Salvador, Brasil, que al parecer fue el primer centro de adaptación y propagación espontánea de la palma.

Palma Aceitera en el Perú: Al igual que en otros países, en Perú la palma aceitera también ha desempeñado un papel como planta ornamental, es así como en algunas avenidas y plazas de armas de pueblos y ciudades de la amazonia, tienen palmas desde hace más de 20 años, en una plaza de armas de Iquitos.

El interés por la palma aceitera en Perú, surge como una iniciativa del gobierno nacional en el año 1969, cuando invita a una misión técnica del Instituto de Investigaciones para los Aceites y las Oleaginosas (IRHO por sus siglas en francés), hoy llamado CIRAD. La misión concluyo que la amazonia era apta para el cultivo de la palma y a partir del proyecto de colonización Tingo María-Tocache-Campanilla, el gobierno forma la empresa EMDEPALMA S.A., propiedad del estado y establece la primera plantación comercial en la provincia de Tocache, con 200 hectáreas que posteriormente se amplió hasta completar 5.273 hectáreas en 1980. A mediados de los años 80, hubo una crisis provocada por temas laborales, administrativos y por el mismo terrorismo y narcotráfico. El gobierno cierra la empresa en 1993, mediante un proceso de privatización, asignando 2.809 a los trabajadores como pago de los beneficios sociales, 1.233 vendidas a pequeñas empresas particulares y 1.397 transferidas al Ministerio de Agricultura. En 1979, se constituye Palmas del Espino S.A., empresa privada propiedad del grupo Romero y asentada en la provincia de Tocache, la cual inició operaciones en 1.981 y hasta la presenta ha establecido aproximadamente 7.000 hectáreas. Además del cultivo, la empresa ha instalado un

complejo agroindustrial en la misma provincia, que es ejemplo de la pujanza y organización empresarial peruana. En la década de los años 80, en el marco del Convenio de Cooperación Técnico Económico entre la Corporación de Desarrollo de Loreto y EMDEPALMA S.A., se identifican 10.600 hectáreas aptas para el cultivo en la zona del Río Manítí-Quebrada de Paparo en la provincia de Maynas. Allí se siembran 702 hectáreas en 1989 con la empresa CORDEPALMA S.A., transformada en 1.990 en EMREPALMA S.A., pero al igual que EMDEPALMA S.A., en 1.993 fue disuelta y liquidada. En 1.988 se forman las Sociedades Agrícolas de Interés Social (SAIS) Pachacútec, Pampa y Túpac Amaru.

Propiedades Químicas de la Ceniza de la Palma Aceitera:

La composición química de la CPA, determinadas mediante análisis elementales por fluorescencia, usualmente se expresa en términos referentes a óxidos simples.

Virtualmente todas las cenizas caen dentro de ciertos rangos químicos, pero no todas las cenizas son puzolánicas. Según la norma ASTM C618-05 dice que la suma de los óxidos debe estar entre 50 y 70 %, para poder ser una puzolana natural.

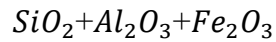
Tabla 8

Propiedades químicas de la ceniza de la palma aceitera

Nombre	Composición de Oxido	Abreviatura
Al ₂ O ₃	10.689	10.625
SiO ₂	38.507	38.439
P ₂ O ₅	0.696	0.676
SO ₂	0.407	0.396
SnO ₂	0.028	0.026
K ₂ O	19.025	18.001
CaO	15.912	14.813
TiO ₂	0.0321	0.031
MgO	9.881	9.869
Fe ₂ O ₃	7.102	7.037
Ni ₂ O ₃	0.006	0.005
CuO	0.058	0.056
ZnO	0.028	0.026
TOTAL	102.371	100.00

Fuente: Análisis de Ceniza de Palma Aceitera por FRXDE (UNMS,2022)

Descripción: Esta tabla muestra la composición química de la ceniza de palma aceitera por FRXDE.



$$38.507 + 10.689 + 7.102 = 56.298\%$$

DISEÑO DEL CONCRETO

Definición: Sostiene que el diseño de concreto es la mezcla de todos los materiales que lo integran (agregados, agua, cemento), y lo define como el diseño de concreto es el proceso de selección de los materiales, para que tenga una buena trabajabilidad y consistencia adecuada, y toma como dimensiones a la trabajabilidad definiéndolo como la capacidad de ser colocado y consolidado, ensayos (Cono de Abrams), que mide la consistencia y fluidez del diseño de mezcla, la consistencia que es el estado de fluidez, que tan dura o blanda esta la mezcla, la plasticidad es cuando es concreto fresco cambia de forma y la exudación que consiste en qué parte del agua de mezclado tiende a elevarse a la superficie durante el proceso de fraguado.

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

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

Durabilidad del concreto: Define la Durabilidad como “la habilidad del concreto para resistir la acción del intemperismo, ataques químicos, abrasión, o cualquier otro tipo de deterioro”. Algunos investigadores prefieren decir que “es aquella propiedad del concreto endurecido que define la capacidad de éste para resistir la acción del medio

ambiente que lo rodea; los ataques, ya sea químicos, físicos o biológicos, a los cuales puede estar expuesto; los efectos de la abrasión, la acción del fuego y las radiaciones: la acción de la corrosión y/o cualquier otro proceso de deterioro”. Comité 201 del American Concrete Institute (ACI), indica que, el concreto es diseñado para una resistencia mínima a compresión. Esta especificación de la resistencia puede tener algunas limitaciones cuando se especifica con una máxima relación agua cemento y se condiciona la cantidad de material cementante. Es importante asegurar que los requisitos no sean mutuamente incompatibles o en algunos casos la relación agua/material cementante se convierte en las características más importante por tema de durabilidad. (Burg., S 1996).

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

El costo de elaboración en las mezclas de concreto: El costo de la elaboración de una mezcla de concreto está constituido básicamente por el costo de los materiales, equipo y mano de obra. La variación en el costo de los materiales se debe a que el precio del cemento por kilo es mayor que el de los agregados y de allí, que la proporción de estos últimos minimice la cantidad de cemento sin sacrificar la resistencia y demás propiedades del concreto. La diferencia en costo entre los agregados generalmente es secundaria; sin embargo, en algunas localidades o con algún tipo de agregado especial pueden ser suficientes para que influya en la selección y dosificación. El costo del agua usualmente no tiene ninguna influencia, mientras que el de los aditivos puede ser importante por su efecto potencial en la dosificación del cemento y los agregados. Comité 201 del American Concrete Institute (ACI), el costo de la mano de obra depende de la trabajabilidad de la mezcla y de los métodos de colocación y

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

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

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

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

Datos de los materiales: De las propiedades de los materiales que se van a utilizar se debe conocer la granulometría, módulo de finura de la arena, tamaño máximo de la grava, densidad aparente de la grava y de la arena, absorción del agrava y de la arena, masa unitaria compacta de la grava, humedad de los agregados inmediatamente antes de hacer la mezcla, densidad del cemento.

Procesos para el diseño de mezclas de concreto: Se debe conocer el estudio de las especificaciones de la obra, definición de la resistencia Compresión, elección del

asentamiento, estimación cantidad de aire, estimación contenida de agua, definir relación agua/material cementante, contenido de material cementante, verificar las granulometrías de los agregados, estimación de agregado grueso, estimación de agregado fino, ajuste por humedad, ajuste del diseño de mezcla.

Indica que, los métodos de diseño de mezclas de concreto van desde los analíticos experimentales y empíricos, hasta volumétricos, todos estos métodos han evolucionado y ha llevado a procedimientos acordes con las necesidades de los proyectos y se han desarrollado algunas guías ya normalizadas para darle cumplimiento a la calidad del concreto en la obras. Comité 201 del American Concrete Institute (ACI).

Trabajabilidad: Indican que la facilidad de colocación, consolidación y acabado del concreto fresco y el grado que resiste a la segregación se llama trabajabilidad. El concreto debe ser trabajable pero los ingredientes no deben separarse durante el transporte y el manoseo. El grado de la trabajabilidad que se requiere para una buena colocación del concreto se controla por los métodos de colocación, tipo de consolidación y tipo de concreto. Los diferentes tipos de colocación requieren diferentes niveles de trabajabilidad. Los factores que influyen en la trabajabilidad del concreto son: (1) el método y la duración del transporte; (2) cantidad y características de los materiales cementantes; (3) consistencia del concreto (asentamiento en cono de Abrams o revenimiento); (4) tamaño, forma y textura superficial de los agregados finos y gruesos; (5) aire incluido (aire incorporado); (6) cantidad de agua; (7) temperatura del concreto y del aire y (8) aditivos.

La distribución uniforme de las partículas de agregado y la presencia de aire incorporado ayudan considerablemente en el control de la segregación y en la mejoría de la trabajabilidad. También enseña el efecto de la temperatura de colocación sobre la consistencia o asentamiento en cono de Abrams y sobre la trabajabilidad potencial de las mezclas. Las propiedades relacionadas con la trabajabilidad incluyen consistencia, segregación, movilidad, bombeabilidad, sangrado (exudación) y facilidad de acabado. La consistencia es considerada una buena indicación de

trabajabilidad. El asentamiento en cono de Abrams se usa como medida de la consistencia y de la humedad del concreto. Un concreto de bajo revenimiento tiene una consistencia rígida o seca. Si la consistencia es muy seca y rígida, la colocación y compactación del concreto serán difíciles y las partículas más grandes de agregados pueden separarse de la mezcla. Sin embargo, no debe suponerse que una mezcla más húmeda y fluida es más trabajable. Si la mezcla es muy húmeda, pueden ocurrir segregación y formación de huecos. La consistencia debe ser lo más seca posible para que aún se permita la colocación empleándose los equipos de consolidación disponibles. (Powers, S. 1932).

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

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

impermeabilidad con una buena adhesión debe presentar bajo sangrado para evitar formación de bolsas de agua.

Hidratación, tiempo de fraguado y endurecimiento: La calidad de unión (adhesión) de la pasta de cemento portland se debe a las reacciones químicas entre el cemento y el agua, conocidas como hidratación. El cemento portland no es un compuesto químico sencillo, es una mezcla de muchos compuestos. Cuatro de ellos totalizan 90% o más del peso del cemento portland: silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico y ferroaluminato tetracálcico (alumino ferrito tetracálcico). Además de estos compuestos principales, muchos otros desempeñan un papel importante en el proceso de hidratación. Cada tipo de cemento portland contiene los mismos cuatro compuestos principales, pero en proporciones diferentes. Cuando se examina el clínker (clinker) (el producto del horno que se muele para fabricar el cemento portland) al microscopio, la mayoría de sus compuestos individuales se puede identificar y sus cantidades se pueden determinar. Sin embargo, los granos más pequeños no se pueden detectar visualmente. El promedio del diámetro de las partículas de un cemento típico es aproximadamente 15 micrómetros. Si todas las partículas tuviesen este diámetro promedio, el cemento portland contendría aproximadamente 300 billones de partículas por kilogramo, pero en realidad, existen unos 16,000 billones de partículas por kilogramo, debido a la amplia variación del tamaño de las partículas. Las partículas en un kilogramo de cemento portland tienen un área superficial de aproximadamente 400 metros cuadrados. Los dos silicatos de calcio, los cuales constituyen 75% del peso del cemento portland, reaccionan con el agua para formar dos compuestos: hidróxido de calcio y silicato de calcio hidrato (hidrato de silicato de calcio). Este último es, sin duda, el más importante compuesto del concreto. Las propiedades de ingeniería del concreto – fraguado y endurecimiento, resistencia y estabilidad dimensional dependen principalmente del silicato de calcio hidratado. Éste es el corazón del concreto. La composición química del silicato de calcio hidratado es un tanto variable, pero contiene cal (CaO) y dióxido de silicio (SiO_2) en una proporción de 3 para 2. El área superficial del silicato de calcio hidratado es unos 300 metros cuadrados por gramo. En pastas endurecidas de cemento, el silicato de calcio hidratado forma un vínculo

denso entre las otras fases cristalinas y los granos de cemento aún no hidratados; también se adhiere a los granos de arena y a los agregados gruesos, cementándolo todo junto. (Copeland y Schulz, 1962)

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

Sin embargo, la hidratación completa es rara en los concretos de las obras, debido a una falta de humedad y al largo periodo de tiempo (décadas) que se requiere para obtener la hidratación total. El conocimiento de la cantidad de calor liberado por la hidratación del cemento puede ser útil para el planeamiento de la construcción. En invierno, el calor de hidratación va a ayudar a proteger el concreto contra los daños causados por las temperaturas muy bajas. Sin embargo, el calor puede ser perjudicial, como por ejemplo en estructuras masivas, tales como las presas, pues puede producir temperaturas diferenciales indeseables. El conocimiento de la velocidad de reacción entre el cemento y el agua es importante porque determina el tiempo de fraguado y endurecimiento. La reacción inicial debe ser suficientemente lenta para que haya tiempo para transportar y colocar el concreto. Una vez que el concreto ha sido colocado y acabado, es deseable un endurecimiento rápido. El yeso, que se añade en el molino de cemento cuando al molerse el clínker, actúa como un regulador del fraguado inicial del cemento portland. La finura del cemento, aditivos, cantidad de agua adicionada y temperatura de los materiales en el momento de la mezcla son otros factores que influyen la tasa de hidratación. Las propiedades de fraguado de mezclas de concreto en diferentes temperaturas. (Powers, S. 1948)

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

La resistencia como al proceso de hidratación desde el momento en que los granos del cemento inician comienzan as reacciones de endurecimiento, que se manifiestan inicialmente con el “atiesamiento” del fraguado y continúan luego con una evidente ganancia de resistencias, al principio de forma rápida y disminuyendo la velocidad a medida que transcurre el tiempo. (Osorio, J. 2013).

Para calcula el f_c se usa:

$$f_c = P / A$$

Donde: f_c = Esfuerzo máximo a compresión, Kg/cm²

P = Carga máxima, Kg

A = Área de la sección trasversal, cm²

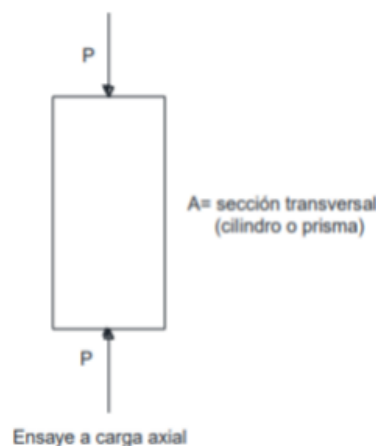


Figura 1. Descripción gráfica de la prueba a compresión. (ASTM C39/C39M, 2010)

Descripción: Esta figura muestra la prueba a compresión del concreto.

Tabla 9

Tolerancia permisible por edad de ensayo

edad	Tolerancia permisible
1	+/- 0.05 h
3	+/- 2.00 h
14	+/- 6.00 h
28	+/- 20.00 h
90	+/- 48.00 h

Fuente: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas (NTP 339.034, 2008)

Descripción: Esta tabla muestra la tolerancia permisible por edad del concreto a diferentes días de fraguado.

DIMENSIONES.

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

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

Tabla 10

Propiedades y valores para la obtención de un concreto "impermeable"

Criterios de Desempeño para un Concreto Impermeable		
Ensayo	valor	Norma
Absorción capilar (qw)	< 6 g/m ² /h	SIA 262/1 Anexo A
Penetración del agua	< 30 mm	En 12390 parte 8
Retracción por secado	< 0.07%	ASTM C57

Fuente: Concreto Impermeable, Una mirada reciente (Hermida G., 2013)

Descripción: Esta tabla muestra las propiedades y valores para la obtención de un concreto impermeable.

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

Factores que influyen en la resistencia del concreto

Mecánica del concreto: Los factores que influyen en la resistencia mecánica del concreto, como:

El contenido de cemento: el cemento es el material más activo de la mezcla de concreto, por tanto sus características y sobre todo su contenido (proporción) dentro de la mezcla tienen una gran influencia en la resistencia del concreto a cualquier edad. A mayor contenido de cemento se puede obtener una mayor resistencia y a menor contenido la resistencia del concreto va a ser menor. (Osorio, J. 2013).

La relación agua-cemento y contenido de aire: Abrams formuló la conocida "Ley de Abrams", según la cual, para los mismos materiales y condiciones de ensayo,

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

La Influencia de los agregados: La distribución granulométrica juega un papel importante en la resistencia del concreto, ya que si esta es continua permite la máxima capacidad del concreto en estado fresco y una mayor densidad en estado endurecido, lo que se traduce en una mayor resistencia. La forma y textura de los agregados también influyen. Agregados de forma cúbica y rugosa permiten mayor adherencia de la interfase matriz-agregado respecto de los agregados redondeados y lisos, aumentando la resistencia del concreto. Sin embargo este efecto se compensa debido a que los primeros requieren mayor contenido de agua que los segundos para obtener la misma manejabilidad. La resistencia y rigidez de las partículas del agregado también influyen en la resistencia del concreto. (Osorio, J. 2013).

El tamaño máximo del agregado recientes investigaciones sobre la influencia del tamaño máximo del agregado en la resistencia del concreto concluyen lo siguiente: Para concretos de alta resistencia, mientras mayor sea la resistencia requerida, menor debe ser el tamaño del agregado para que la eficiencia del cemento

sea mayor. Para concretos de resistencia intermedia y baja, mientras mayor sea el tamaño del agregado, mayor es la eficiencia del cemento. En términos de relación agua-cemento, cuando esta es más baja, la diferencia en resistencia del concreto con tamaños máximos, menores o mayores es más pronunciada. (Osorio, J. 2013)

Edad del concreto: A partir del momento en que se presenta el fraguado final del concreto, comienza realmente el proceso de adquisición de resistencia, el cual va aumentando con el tiempo. Con el fin de que la resistencia del concreto sea un parámetro que caracterice sus propiedades mecánicas, se ha escogido arbitrariamente la edad de 28 días como la edad en la que se debe especificar el valor de resistencia del concreto. Se debe tener en cuenta que las mezclas de concreto con menor relación agua-cemento aumentan de resistencia más rápidamente que las mezclas de concreto con mayor relación agua-cemento. (Osorio, J. 2013)

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

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

Para medir la temperatura del concreto, se puede sumergir un dispositivo de medición al menos 75 mm en el concreto recién mezclado.

OPERACIONALIZACION DE VARIABLE:

Variable Dependiente:

Tabla 11 : *Conceptuación y operacionalización de la variable Dependiente*

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

Fuente: Elaboración Propia

Descripción: Esta tabla se muestra la conceptualización de la variable dependiente empleada para el presente estudio.

Variable Independiente:

Tabla 12

Conceptuación y operacionalización de la variable Independiente

VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Sustitución de ceniza de palma aceitera	Sustitución de un porcentaje de cemento por ceniza de palma aceitera en el diseño de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	Porcentaje 0%, 3% y 5%

Fuente: Elaboración Propia

Descripción: Esta tabla se muestra la conceptualización de la variable independiente empleada para el presente estudio.

En esta investigación tiene como hipótesis: Si se sustituye el cemento en un 3% y 5% por ceniza de palma aceitera, la resistencia del concreto será mayor que un concreto de diseño $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ convencional.

El objetivo general es: Determinar la resistencia a compresión de un concreto sustituyendo al cemento un 3% y 5% por ceniza de palma aceitera en comparación de un diseño convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Y como objetivos específicos: Determinar el rango de temperatura de calcinación mediante análisis térmico diferencial DAT, determinar la composición química de la ceniza de palma aceitera mediante análisis por FRXDE, determinar la partícula por molienda que permita su homogeneización en la sustitución del cemento, determinar la relación A/C de la probeta patrón y de la experimental sustituida en 3% y 5% por ceniza de palma aceitera, determinar la resistencia a compresión de las probetas a los 7, 14 y 28 días de curado y comparar los resultados obtenidos.

II METODOLOGIA

Tipo y diseño de Investigación

Tipo de investigación

Según enfoque

Según Hernández, Fernández, & Baptista (2014), el “Los métodos cuantitativos utilizan la recopilación e investigación de información para dar respuesta a cuestionamientos y probar hipótesis instauradas con anterioridad, y fundamentados en mediciones numéricas.” (p. 5).

Según lo mencionado anteriormente, la presente investigación será cuantitativa ya que utiliza métodos estadísticos para procesar los resultados obtenidos en laboratorios especializados, todos los cuales son el resultado de la manipulación de las variables anteriores.

Según la orientación

La investigación será aplicada, con el fin de adquirir nuevos conocimientos destinados a encontrar soluciones para comprender los efectos del uso de la ceniza de palma aceitera (CPA) en concretos y una comparación de resistencia a compresión con un concreto patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y concretos con aditivo natural.

Según Nivel

Para Hernández, Fernández, & Baptista (2014), “la investigación explicativa busca establecer la causa del hecho, evento o fenómeno estudiado, expresar por qué ocurre y en qué circunstancias se manifiesta, o por qué se vinculan dos o más variables.” (p. 95).

Por tanto, la investigación es explicativa porque el aditivo natural (de la ceniza de palma aceitera) influye en la resistencia a la compresión del concreto y así establecer una relación causal.

Diseño de investigación

Referido a un estudio en el que una o más variables independientes (presuntas causas - antecedentes) son intencionalmente manipuladas para examinar las consecuencias de la manipulación sobre una o más variables dependientes (presuntos efectos - resultados), bajo control del investigador. Esta definición puede parecer complicada, sin embargo, a medida que se analicen sus componentes, se irá aclarando su significado.” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

El diseño corresponde a una investigación experimental; Lo cual trataremos de estudiar una nueva mezcla de concreto con la adición de la ceniza de palma aceitera, para así compararlo con una mezcla de concreto convencional.

El estudio en su mayor parte se concentrará en el laboratorio de mecánica de suelos, donde el investigador estará en contacto con los ensayos a realizar obteniendo resultados de acuerdo a lo planeado en sus objetivos.

Población y muestra

Población: Hernández, Fernández, & Baptista (2014, p. 174), indica que la población “Está formado por un grupo de similares características y servirá como estudio de investigación”.

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

Muestra: Por otro lado, Hernández, Fernández, & Baptista (2014, p. 172), define a la muestra como “Partes de muestras utilizadas para el desarrollo de proyectos o experimentos, algunas veces pueden ser finitos o pequeños, y cuando esto sucede no se seleccionan las muestras y se toma todo lo que pueda modificar la autenticidad de los resultados”.

La muestra estará constituida por 27 probetas cilíndricas, de medidas de 15cm de diámetro y 30cm de altura, de acuerdo a la Norma E.060 (2009), de concreto con un diseño de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. 9 probetas para 0% de ceniza, 9 probetas para 3% y 9 probetas para 5% de ceniza de palma aceitera (Según Reglamento Nacional de Edificaciones, 2007).

En este caso, según norma, se realizarán 9 probetas de cada diseño (Concreto $f'c$ 210 Kg/cm² y con adición en distintos porcentajes de la ceniza de palma aceitera) y por tiempo de ensayo (7 días, 14 días y 28 días). Por tanto, tenemos lo siguiente:

Tabla 13

Cantidad de probetas cilíndricas para la prueba de resistencia a compresión.

DIAS DE CURADO	RESISTENCIA DEL CONCRETO CON PORCENTAJE DE CENIZA DE PALMA ACEITERA		
	0%	3%	5%
7	☐	☐	☐
	☐	☐	☐
	☐	☐	☐
14	☐	☐	☐
	☐	☐	☐
	☐	☐	☐
28	☐	☐	☐
	☐	☐	☐
	☐	☐	☐

Fuente: Elaboración Propia

Descripción: Esta tabla se muestra los días de curado y la cantidad de probetas a ensayar.

Tabla 14:

Resumen de la elaboración de probetas a ensayar

Dosificación	SLUMP	Resistencia a Compresión	Numero de especímenes
Concreto patrón 210 kg/cm ²	3	9	9
Concreto patrón 210 kg/cm ² combinación de 3% CPA	3	9	9
Concreto patrón 210 kg/cm ² combinación de 5% CPA	3	9	9
Probetas cilíndricas en total			27

Fuente: Elaboración Propia

Descripción: Esta tabla se muestra el resumen de cantidades de probetas a ensayar para un concreto patrón y para un concreto experimental.

Técnicas e instrumentos de investigación

Técnica de evaluación

Se utilizará como técnicas la observación directa, el estudio documental y los exámenes de laboratorios.

Observación directa: La tecnología se aplicará directamente a las pruebas que se realizarán en este levantamiento, las cuales cumplen con los estándares instituidos por la ACI y las Normas Técnicas Peruanas.

Análisis documental: Este estudio utilizará las siguientes fuentes: papers (internacionales, nacionales y locales), normas (ACI, NTP y ASTM C), libros y artículos científicos; las mismas que se citan en la bibliografía de este estudio.

Ensayos de laboratorio: Los ensayos que se realizarán serán: Ensayos para la ceniza de palma aceitera la tales como: Ensayo de Fluorescencia de Rayos X (FRX), análisis térmico diferencia (ATD) y análisis térmico diferencial (DAT).

Ensayos para el concreto: Ensayos de agregados finos y grueso según lo especificado en N.T.P. 400.012, N.T.P. 400.017, N.T.P. 400.021, N.T.P. 400.022.

Para las probetas cilíndricas se realizan pruebas de fc a los 7, 14, y 28 días según lo especificado en la N.T.P.

Instrumentos

Para Hernández, Fernández, & Baptista (2014), el “es un recurso que se usa para registrar información o datos sobre la variable que se está considerando.” (p. 199). Los instrumentos empleados para esta investigación serán los siguientes: Fluorescencia de Rayos X (FRX), prensas para pruebas de fc, balanzas, fichas técnicas, fichas de ensayo, fichas técnicas para observación y control de laboratorio, etc. Estos archivos son formatos estandarizados de acuerdo con ASTM C39, ASTM C293 y ACI 522R-10.

En cuanto a la validez, al ser documentos estandarizados por las normas ASTM, y al ser realizados por profesionales capacitados en la materia, los resultados serán creíbles.

Análisis de información

Para la presente investigación se usará como técnicas la observación directa, el estudio documental y los ensayos de laboratorios.

Observación directa:

Se aplicará directamente a las pruebas que se realizarán en este levantamiento, las cuales alcanzan los estándares instituidos por el ACI y las NTP.

Análisis documental:

Este estudio utilizará las siguientes fuentes: papers (internacionales, nacionales y locales), normas (ACI, NTP y ASTM C), libros y artículos científicos; las mismas que se citan en la bibliografía de este estudio.

Ensayos de laboratorio: Los ensayos que se realizarán serán: Ensayos para la ceniza de palma aceitera tales como: Ensayo de Fluorescencia de Rayos X (FRX), análisis térmico diferencia (ATD) y análisis termogravimétrico (TGA); Ensayos para el concreto: Ensayos de agregados finos y grueso según lo especificado en N.T.P. 400.012, N.T.P. 400.017, N.T.P. 400.021, N.T.P. 400.022. Para las probetas cilíndricas se realizan pruebas de fc a los 7, 14, y 28 días según lo especificado en la N.T.P.

Tabla 15

Resumen de técnicas e instrumento de investigación

Técnicas de Recolección de Información	Instrumento	Ámbito de la Investigación
La Observación Científica	➤ Guía De Observación Resumen ➤ Fichas Técnicas De Laboratorio De Las Pruebas	Muestreo ➤ Grupo control, Probetas de concreto. ➤ Grupo experimental de un diseño de Concreto Convencional.

Descripción: Esta tabla se muestra las técnicas e instrumentos empleados para la presente investigación.

III. RESULTADOS

ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL (ATD): CENIZA PALMA ACEITERA

Se examinó la temperatura ideal de calcinación utilizando el análisis térmico diferencial en el laboratorio de polímeros de la universidad nacional de Trujillo, se exponen una gran estabilidad térmica del material, indicando que la primera pérdida es 70 a 120 °C y la segunda entre 740 y 800 °C, lo que representa una pérdida de 6.2% cuando se consigue la máxima temperatura de ensayo.

Los resultados figuran en las figuras 1y 2.

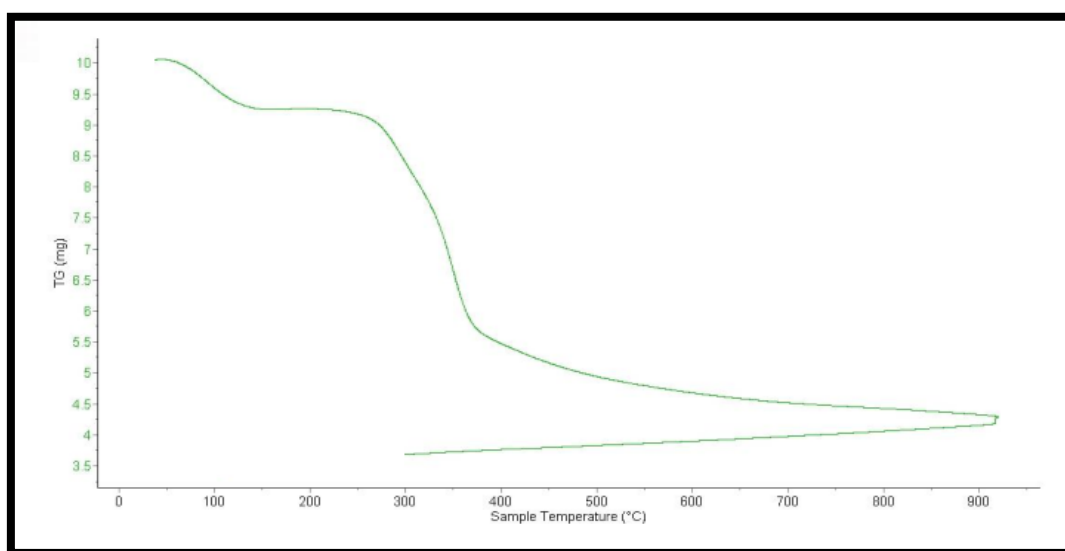


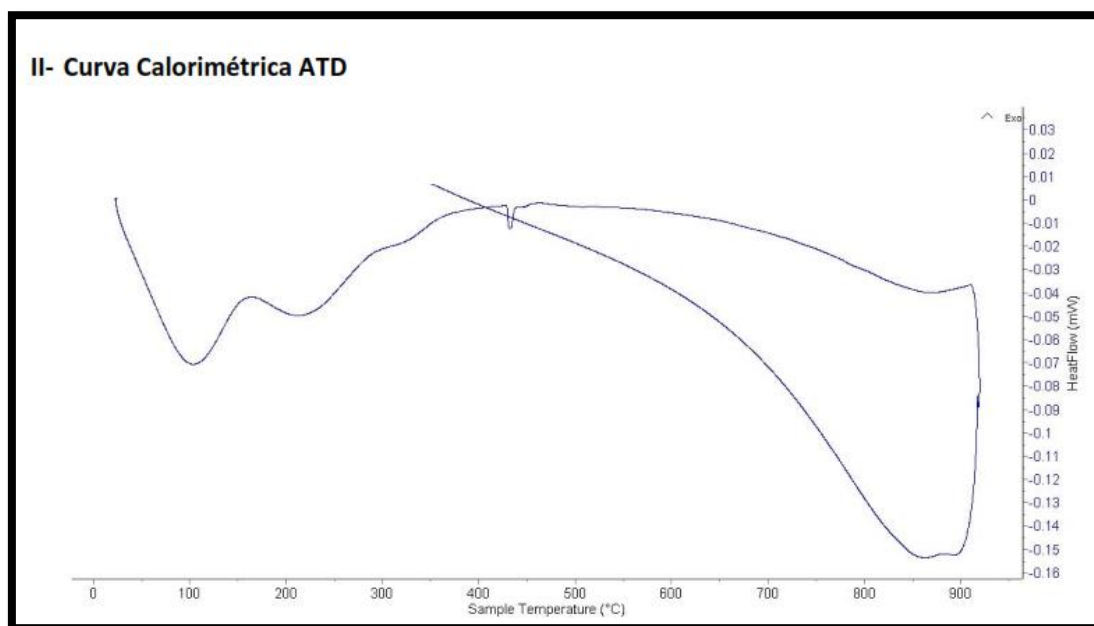
Figura 2. Pérdida de masa de la ceniza de palma aceitera

Fuente: Laboratorio de Polímeros - UNT

Descripción:

De esta forma, según la figura 2, del análisis térmico diferencial, se muestra dos caídas de la masa. La primera, entre 70 y 120°C y la más importante, la segunda, se da entre 740 y 800°C, posteriormente la caída es lenta, hasta llegar a perder un total de 6.2% de su masa inicial aproximadamente cuando se ha alcanzado su máxima temperatura de ensayo.

Figura 3. Curva de intersección de la ceniza de la ceniza de palma aceitera.



Fuente: Laboratorio de Polímeros - UNT

Descripción:

De esta forma, según la figura 3, de acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar Picos endotérmicos en 100°C y una (1) región térmica entre 190°C y 240°C. Posteriormente, más adelante, se muestra un ligero pico endotérmico (muy tenue) en torno a 700°C que es una temperatura de cambio estructural y cambio en sus propiedades.

ANALISIS DE CENIZA PALMA ACEITERA POR FRXDE (CPA)

Se realizó el análisis de composición química a los materiales, desarrollado en el Laboratorio de Arqueometría de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Se usó un espectrómetro de FRXDE Amptek con ánodo de oro que funcionó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15 uA. La muestra de hojas de brócoli fue previamente calcinada a 700° C.

Tabla 16 *Composición Química de la Ceniza de Palma Aceitera*

Nombre	Composición de Oxido	Abreviatura
Al ₂ O ₃	10.689	10.625
SiO ₂	38.507	38.439
P ₂ O ₅	0.696	0.676
SO ₂	0.407	0.396
SnO ₂	0.028	0.026
K ₂ O	19.025	18.001
CaO	15.912	14.813
TiO ₂	0.0321	0.031
MgO	9.881	9.869
Fe ₂ O ₃	7.102	7.037
Ni ₂ O ₃	0.006	0.005
CuO	0.058	0.056
ZnO	0.028	0.026
TOTAL	102.371	100.00

Fuente: Laboratorio de Archeometría, Universidad Nacional de San Marcos, Facultas de Ciencias Físicas.

Descripción:

De acuerdo a la Tabla N°16, muestra Composición elemental de ceniza de palma aceitera en % de la masa total, donde se encontró en primer lugar al Óxido de Silicio con un porcentaje de 38.507, seguido del Óxido de Aluminio con un porcentaje de 10.689, del Dióxido de Azufre con un porcentaje de 14.803, y del Óxido de Hierro con un porcentaje de 7.102, considerado como componentes esenciales en el concreto.

Diseño de mezcla por el método ACI

Atendiendo a la información de los ensayos se efectuó el diseño de mezcla para 27 probetas en 3 tandas, cada tanda con mezcla para 9 probetas con el objetivo de cumplir las metas.

Ensayos realizados y la relación agua cemento para el diseño de mezcla

A través del análisis detallado de la tabla que proporcionaremos a continuación, podemos reiterar que se ha realizado suficiente desempeño técnico profesional en el campo de la preparación y ensayo del hormigón en el laboratorio de mecánica de suelos; verificar y acreditar satisfactoriamente los resultados logrados.

Agregado fino

- El tamaño de partícula del agregado fino está dentro del rango señalado en la norma ASTM C- 33, por lo que creemos que es el mejor tamaño de partícula.
- El módulo de finura es 3.00, que es aceptable ya que el módulo de finura que se procesa es mayor que el mínimo solicitado. (2.35 – 3.15).
- El peso específico de A.F es de 2.71 gr / cm³, que puede clasificarse como agregado ordinario porque se encuentra dentro de su alcance PE. (2.5-2.8).

Agregado grueso

- El tamaño de partícula de la roca agregado grueso atiende a los límites constituidos por la norma ASTM C-33 y se caracteriza por sus subformas. Los bordes son afilados y rugosos.
- En la prueba de absorción, 0,57% es un resultado muy bueno, el resultado requiere menos del 1%, porque la porosidad de la roca es muy pequeña.
- El valor determinado probando la gravedad específica del agregado grueso es de 2,86 gr / cm³ dentro del rango de gravedad específica.

Para un diseño de Concreto Patrón $f'_c = 210\text{kg/cm}^2$

Pesos de los Materiales para un molde a Ensayar:

- cemento: 1.818 kg

- agua: 1.269 lt
- agregado grueso: 7.206 kg
- agregado fino: 5.293 kg
- ✓ Relación a/c para el diseño del concreto patrón = 0.68

Se obtuvo un material trabajable con una consistencia muy buena con un Slump de 3.0”, que se ubica en un Rango bueno Permisible para que sea trabajable.

Para un diseño de Concreto experimental $f'_c = 210\text{kg/cm}^2$

Pesos de los Materiales para un molde a Ensayar:

- cemento: 1.793 kg
- 3% de CPA: 0.0545 kg
- agua: 1.295 lt
- agregado grueso: 7.206 kg
- agregado fino: 5.293 kg
- ✓ Relación a/c para el diseño del concreto patrón = 0.684

Se obtuvo un material trabajable con una consistencia muy buena con un Slump de 3.2”, que se ubica en un Rango bueno Permisible para que sea trabajable.

Para un diseño de Concreto experimental $f'_c = 210\text{kg/cm}^2$

Pesos de los Materiales para un molde a Ensayar:

- cemento: 1.727 kg
- 5% de CPA: 0.0909 kg
- agua: 1.302 lt
- agregado grueso: 7.206 kg
- agregado fino: 5.293 kg
- ✓ Relación a/c para el diseño del concreto patrón = 0.684

Se obtuvo un material trabajable con una consistencia muy buena con un Slump de 3.5”, que se ubica en un Rango bueno Permisible para que sea trabajable.

Resultados de PH de los componentes del concreto

MUESTRA	pH
CEMENTO	11.81
CPA	10.79
CEMENTO + 3% CPA	11.85
CEMENTO + 5% CPA	11.89

Tabla 17

Resultados de la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm² patrón.

TESTIGOS		SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F'C
Nº	ELEMENTO	(“)	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/Cm2	(%)
01	PATRON	-	15/08/2022	22/08/2022	7	172.37	82.08
02	PATRON	-	15/08/2022	22/08/2022	7	171.81	81.81
03	PATRON	-	15/08/2022	22/08/2022	7	169.54	80.73
04	PATRON	-	15/08/2022	29/08/2022	14	208.52	99.30
05	PATRON	-	15/08/2022	29/08/2022	14	193.83	92.30
06	PATRON	-	15/08/2022	29/08/2022	14	208.07	99.08
07	PATRON	-	15/08/2022	12/09/2022	28	228.37	108.75
08	PATRON	-	15/08/2022	12/09/2022	28	225.65	107.45
09	PATRON	-	15/08/2022	12/09/2022	28	226.38	107.80

Fuente: Elaboración Propia

Descripción: Esta tabla muestra la fecha de moldeo, la fecha de rotura y la resistencia a la compresión obtenida a las edades de fraguado de 7, 14 y 28 días del concreto $f'_c=210$ kg/cm² patrón.

Tabla 18

Promedio de la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm² patrón

CONCRETO PATRON → 7 DIAS			
PROBETA	1	2	3
KG/CM2	172.37	171.81	169.54
PORCENTAJE	82.08 %	81.81 %	80.73 %
PROMEDIO	81.54 %		
CONCRETO PATRON → 14 DIAS			
PROBETA	4	5	6
KG/CM2	208.52	193.82	208.08
PORCENTAJE	99.30 %	92.30 %	99.09 %
PROMEDIO	96.89 %		
CONCRETO PATRON → 28 DIAS			
PROBETA	7	8	9
KG/CM2	228.37	225.65	226.38
PORCENTAJE	108.75 %	107.45 %	107.80 %
PROMEDIO	108 %		

Fuente: Elaboración Propia

Descripción:

Esta tabla muestra el porcentaje de resistencia a la compresión promedio obtenida a las edades de fraguado de 7, 14 y 28 días del concreto $f'_c=210$ kg/cm² patrón, Obteniéndose los promedios de 81.54% para 7 días de curado, 96.89% para 14 días de curado y 108% para 28 días de curado.

Tabla 19

Resultados de la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm² experimental 3% CPA.

TESTIGOS		SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F'C
N°	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/Cm2	(%)
01	EXPERIMENTAL	-	23/08/2022	30/08/2022	7	183.38	87.32
02	EXPERIMENTAL	-	23/08/2022	30/08/2022	7	173.65	82.69
03	EXPERIMENTAL	-	23/08/2022	30/08/2022	7	179.59	85.52
04	EXPERIMENTAL	-	23/08/2022	06/09/2022	14	199.35	94.93
05	EXPERIMENTAL	-	23/08/2022	06/09/2022	14	197.61	94.10
06	EXPERIMENTAL	-	23/08/2022	06/09/2022	14	195.91	93.29
07	EXPERIMENTAL	-	23/08/2022	20/09/2022	28	218.62	104.10
08	EXPERIMENTAL	-	23/08/2022	20/09/2022	28	217.31	103.48
09	EXPERIMENTAL	-	23/08/2022	20/09/2022	28	218.34	103.97

Fuente: Elaboración Propia

Descripción:

Esta tabla muestra la fecha de moldeo, la fecha de rotura y la resistencia a la compresión obtenida a las edades de fraguado de 7, 14 y 28 días del concreto $f'_c=210$ kg/cm² experimental al 3%.

Tabla 20

Promedio de la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm² experimental 3% CPA

CONCRETO EXPERIMENTAL → 7 DIAS			
PROBETA	1	2	3
KG/CM2	183.38	173.65	179.59
PORCENTAJE	87.32 %	82.69 %	85.52 %
PROMEDIO	85.17 %		
CONCRETO EXPERIMENTAL → 14 DIAS			
PROBETA	4	5	6
KG/CM2	199.35	197.61	195.91
PORCENTAJE	94.93 %	94.10 %	93.29 %
PROMEDIO	94.10 %		
CONCRETO EXPERIMENTAL → 28 DIAS			
PROBETA	7	8	9
KG/CM2	218.62	217.31	226.38
PORCENTAJE	104.10 %	103.48 %	103.97 %
PROMEDIO	103.85 %		

Fuente: Elaboración Propia

Descripción:

Esta tabla muestra el porcentaje de resistencia a la compresión promedio obtenida a las edades de fraguado de 7, 14 y 28 días del concreto $f'_c=210$ kg/cm² experimental al 3%, Obteniéndose los promedios de 85.17% para 7 días de curado, 96.10% para 14 días de curado y 103.85% para 28 días de curado.

Tabla 21

Resultados de la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm² experimental 5% CPA.

TESTIGOS		SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F'C
N°	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/Cm2	(%)
01	EXPERIMENTAL	-	23/08/2022	30/08/2022	7	167.08	79.56
02	EXPERIMENTAL	-	23/08/2022	30/08/2022	7	158.65	75.55
03	EXPERIMENTAL	-	23/08/2022	30/08/2022	7	164.73	78.44
04	EXPERIMENTAL	-	23/08/2022	06/09/2022	14	188.77	89.89
05	EXPERIMENTAL	-	23/08/2022	06/09/2022	14	196.88	93.75
06	EXPERIMENTAL	-	23/08/2022	06/09/2022	14	188.13	89.59
07	EXPERIMENTAL	-	23/08/2022	20/09/2022	28	209.01	99.53
08	EXPERIMENTAL	-	23/08/2022	20/09/2022	28	201.59	95.99
09	EXPERIMENTAL	-	23/08/2022	20/09/2022	28	198.79	94.66

Fuente: Elaboración Propia

Descripción:

Esta tabla muestra la fecha de moldeo, la fecha de rotura y la resistencia a la compresión obtenida a las edades de fraguado de 7, 14 y 28 días del concreto $f'_c=210$ kg/cm² experimental al 5%.

Tabla 22

Promedio de la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm² experimental 5% CPA

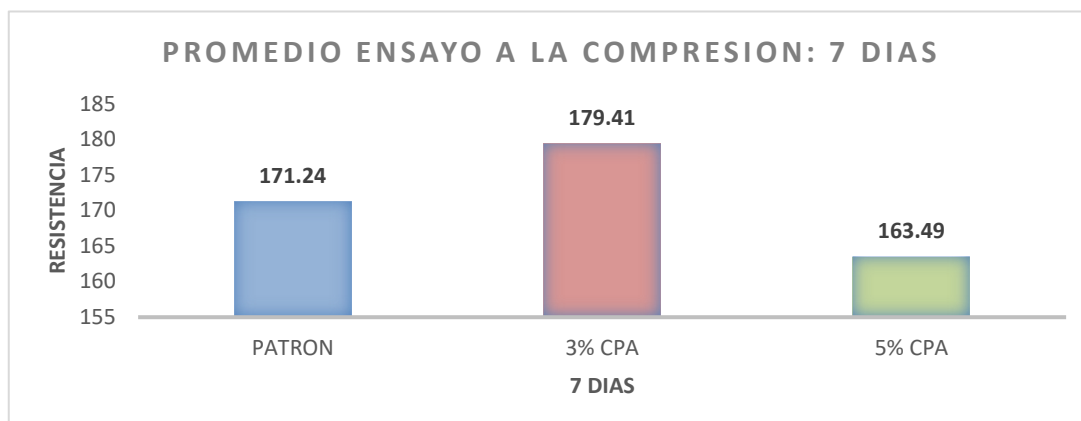
CONCRETO EXPERIMENTAL → 7 DIAS			
PROBETA	1	2	3
KG/CM2	167.08	158.65	164.73
PORCENTAJE	79.56 %	75.55 %	78.44 %
PROMEDIO	77.85 %		
CONCRETO EXPERIMENTAL → 14 DIAS			
PROBETA	4	5	6
KG/CM2	188.77	196.88	188.13
PORCENTAJE	89.89 %	93.75 %	89.59 %
PROMEDIO	90.76 %		
CONCRETO EXPERIMENTAL → 28 DIAS			
PROBETA	7	8	9
KG/CM2	209.01	201.59	198.79
PORCENTAJE	99.53 %	95.99 %	94.66 %
PROMEDIO	96.726 %		

Fuente: Elaboración Propia

Descripción:

Esta tabla muestra el porcentaje de resistencia a la compresión promedio obtenida a las edades de fraguado de 7, 14 y 28 días del concreto $f'_c=210$ kg/cm² experimental al 5%, Obteniéndose los promedios de 77.85% para 7 días de curado, 90.76% para 14 días de curado y 96.72% para 28 días de curado.

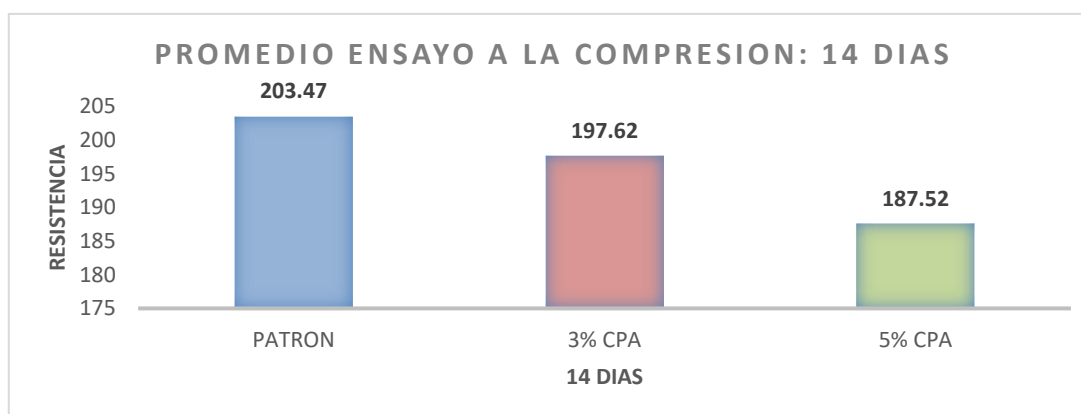
Figura 4. Comparación Promedio de resistencia a la compresión a los 7 días de curado.



Fuente: Elaboración Propia

Descripción: De esta forma, en figura N°4 se observa la Comparación de la resistencia a la compresión en prueba Patrón y prueba Experimental, obteniéndose una mayor resistencia de concreto en la probeta experimental al 3% obteniendo 179.41 kg/cm². Este resultado indica que el concreto experimental con la sustitución de 3% de ceniza de palma aceitera proporciona un mejor comportamiento en la resistencia a la compresión a los 7 días.

Figura 5. Comparación Promedio de resistencia a la compresión a los 14 días de curado.

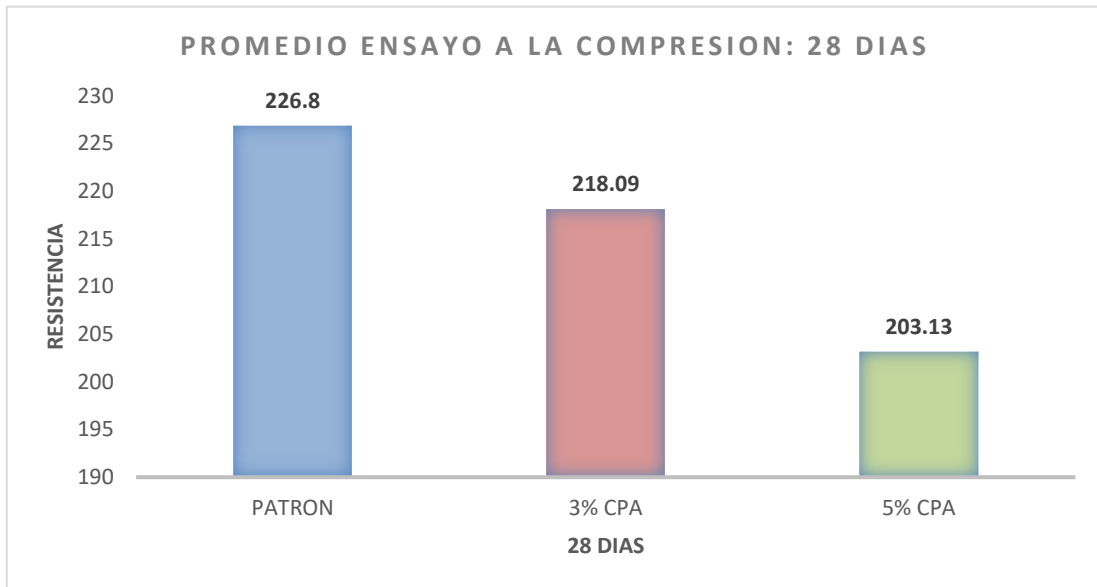


Fuente: Elaboración Propia.

Descripción: De esta forma, en figura N°5 se observa la Comparación de la resistencia a la compresión en prueba Patrón y prueba Experimental, obteniéndose una mayor resistencia de concreto en la probeta patrón obteniendo 203.047 kg/cm². Este

resultado indica que el concreto patrón proporciona un mejor comportamiento en la resistencia a la compresión a los 14 días.

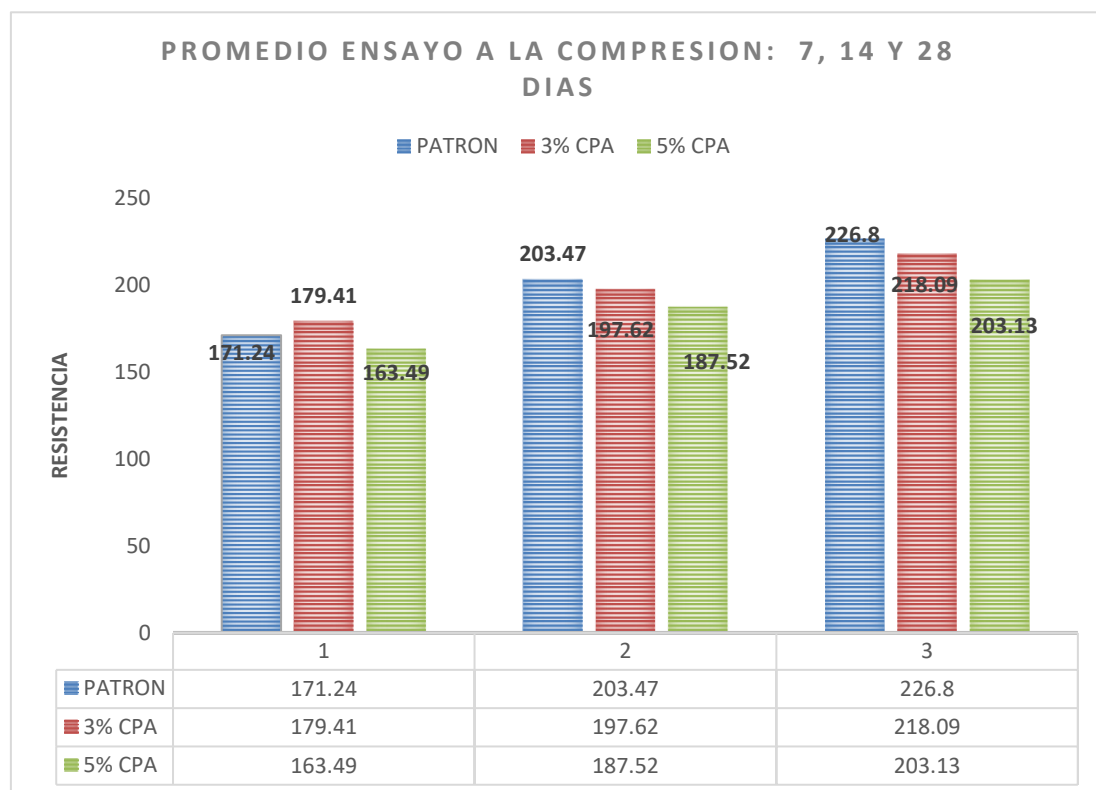
Figura 6. Comparación Promedio de resistencia a la compresión a los 28 días de curado.



Fuente: Elaboración Propia

Descripción: De esta forma, en figura N°6 se observa la Comparación de la resistencia a la compresión en prueba Patrón y prueba Experimental, obteniéndose una mayor resistencia de concreto en la probeta patrón obteniendo 226.80 kg/cm². Este resultado indica que el concreto patrón proporciona un mejor comportamiento en la resistencia a la compresión a los 28 días.

Figura 7. Comparativo de Promedios de resistencias a la compresión de 7,14 y 28 días de curado.



Fuente: Elaboración Propia

Descripción: De esta forma, en el figura N°7 se observa la obtención de una resistencia de 179.41 kg/cm², de la probeta experimental al 3% de sustitución del cemento por CPA, siendo esta la mayor resistencia a los 7 días. A los 14 días se consiguió una mayor resistencia de 203.47 kg/cm² en la probeta patrón y la mayor resistencia a los 28 días es de 226.80 kg/cm² de la probeta patrón. Los resultados muestran que el concreto patrón tiene un mejor comportamiento de la resistencia a la compresión en 28 días.

Inferencia estadística

Tabla 23

Comparación entre diseño patrón y diseño experimental por la combinación de ceniza de palma aceitera en sustitución del cemento para concreto $f'_c = 210$ kg/cm² según medidas estadísticas y tiempo de ruptura.

Medidas Estáticas	Diseño Patrón			Diseño Experimental CPA al 3%			Diseño Experimental CPA al 5%		
	7	14	28	7 días	14	28	7 días	14	28
	días	días	días		días	días		días	días
Media Aritmética	171.2	203.47	226.80	178.87	197.62	218.09	163.49	191.26	203.13
	4	km/cm	km/cm	km/cm	km/cm	km/cm	km/cm	km/cm	km/cm
	km/c m2	2	2	2	2	2	2	2	2
Varianza	1.497	46.531	1.321	16.036	1.972	0.317	12.617	15.860	18.594
	km/c	km/cm	km/cm	km/cm	km/cm	km/cm	km/cm	km/cm	km/cm
	m2	2	2	2	2	2	2	2	2
Desviación Estándar	1.224	6.821	1.149	4.004	1.404	0.563	3.552	3.983	4.312
	km/c	km/cm	km/cm	km/cm	km/cm	km/cm	km/cm	km/cm	km/cm
	m2	2	2	2	2	2	2	2	2

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo medidas estadísticas: diseño patrón

PARA 7 DIAS:

Media Aritmética

$$\bar{X} = \frac{\sum_i^3 x_i}{n} = \frac{513.72}{3} = 171.24 \text{ kg/cm}^2$$

Varianza

$$V(x) = \int_x^2 = \frac{(x_1 - \bar{x}) + (x_2 - \bar{x}) + (x_3 - \bar{x})}{n}$$

$$V(x) = \int_x^2 = \frac{(172.37 - 171.24)^2 + (171.81 - 171.24)^2 + (169.54 - 171.24)^2}{3}$$

$$V(x) = \int_x^2 = \frac{1.276 + 0.324 + 2.89}{3}$$

$$V(x) = 1.497\% \quad S(x) = 1.224\%$$

PARA 14 DIAS:

Media Aritmética

$$\bar{X} = \frac{\sum_i^3 x_i}{n} = \frac{610.42}{3} = 203.47 \text{ kg/cm}^2$$

Varianza

$$V(x) = \int_x^2 = \frac{(x_1 - \bar{x}) + (x_2 - \bar{x}) + (x_3 - \bar{x})}{n}$$

$$V(x) = \int_x^2 = \frac{(208.52 - 203.47)^2 + (193.83 - 203.47)^2 + (208.07 - 203.47)^2}{3}$$

$$V(x) = \int_x^2 = \frac{25.46 + 92.99 + 21.13}{3}$$

$$V(x) = 46.53\% \quad S(x) = 6.82\%$$

PARA 28 DIAS:

Media Aritmética

$$\bar{X} = \frac{\sum_i^3 x_i}{n} = \frac{680.40}{3} = 226.80 \text{ kg/cm}^2$$

Varianza

$$V(x) = \int_x^2 = \frac{(x_1 - \bar{x}) + (x_2 - \bar{x}) + (x_3 - \bar{x})}{n}$$

$$V(x) = \int_x^2 = \frac{(228.37 - 226.80)^2 + (225.65 - 226.80)^2 + (226.38 - 226.80)^2}{3}$$

$$V(x) = \int_x^2 = \frac{2.46 + 1.32 + 0.17}{3}$$

$$V(x) = 1.32\% \quad S(x) = 1.14\%$$

Cálculo medidas estadísticas: diseño experimental 3% CPA

PARA 7 DIAS:

Media Aritmética

$$\bar{X} = \frac{\sum_i^3 x_i}{n} = \frac{536.62}{3} = 178.87 \text{ kg/cm}^2$$

Varianza

$$V(x) = \int_x^2 = \frac{(x_1 - \bar{x}) + (x_2 - \bar{x}) + (x_3 - \bar{x})}{n}$$

$$V(x) = \int_x^2 = \frac{(183.38 - 178.87)^2 + (173.65.81 - 178.87)^2 + (179.59 - 178.87)^2}{3}$$

$$V(x) = \int_x^2 = \frac{20.31 + 27.28 + 0.51}{3}$$

$$V(x) = 16.03\% \quad S(x) = 4.00\%$$

PARA 14 DIAS:

Media Aritmética

$$\bar{X} = \frac{\sum_i^3 x_i}{n} = \frac{592.87}{3} = 197.62 \text{ kg/cm}^2$$

Varianza

$$V(x) = \int_x^2 = \frac{(x_1 - \bar{x}) + (x_2 - \bar{x}) + (x_3 - \bar{x})}{n}$$

$$V(x) = \int_x^2 = \frac{(199.35 - 197.62)^2 + (197.61 - 197.62)^2 + (195.91 - 197.62)^2}{3}$$

$$V(x) = \int_x^2 = \frac{2.98 + 0.0001 + 2.94}{3}$$

$$V(x) = 1.97\% \quad S(x) = 1.40\%$$

PARA 28 DIAS:

Media Aritmética

$$\bar{X} = \frac{\sum_i^3 x_i}{n} = \frac{654.27}{3} = 218.09 \text{ kg/cm}^2$$

Varianza

$$V(x) = \int_x^2 = \frac{(x_1 - \bar{x}) + (x_2 - \bar{x}) + (x_3 - \bar{x})}{n}$$

$$V(x) = \int_x^2 = \frac{(218.62 - 218.09)^2 + (217.31 - 218.09)^2 + (218.34 - 218.09)^2}{3}$$

$$V(x) = \int_x^2 = \frac{0.28 + 0.61 + 0.062}{3}$$

$$V(x) = 0.317\% \quad S(x) = 0.563\%$$

Cálculo medidas estadísticas: diseño experimental 5% CPA

PARA 7 DIAS:

Media Aritmética

$$\bar{X} = \frac{\sum_i^3 x_i}{n} = \frac{490.46}{3} = 163.49 \text{ kg/cm}^2$$

Varianza

$$V(x) = \int_x^2 = \frac{(x_1 - \bar{x}) + (x_2 - \bar{x}) + (x_3 - \bar{x})}{n}$$

$$V(x) = \int_x^2 = \frac{(167.08 - 163.49)^2 + (158.65 - 163.49)^2 + (164.73 - 163.49)^2}{3}$$

$$V(x) = \int_x^2 = \frac{12.91 + 23.39 + 1.55}{3}$$

$$V(x) = 12.617\% \quad S(x) = 3.55\%$$

PARA 14 DIAS:

Media Aritmética

$$\bar{X} = \frac{\sum_i^3 x_i}{n} = \frac{573.78}{3} = 191.26 \text{ kg/cm}^2$$

Varianza

$$V(x) = \int_x^2 = \frac{(x_1 - \bar{x}) + (x_2 - \bar{x}) + (x_3 - \bar{x})}{n}$$

$$V(x) = \int_x^2 = \frac{(188.77 - 191.26)^2 + (196.88 - 191.26)^2 + (188.13 - 191.26)^2}{3}$$

$$V(x) = \int_x^2 = \frac{6.20 + 31.58 + 9.79}{3}$$

$$V(x) = 191.26\% \quad S(x) = 15.86\%$$

PARA 28 DIAS:

Media Aritmética

$$\bar{X} = \frac{\sum_i^3 x_i}{n} = \frac{609.39}{3} = \mathbf{203.13 \text{ kg/cm}^2}$$

Varianza

$$V(x) = \int_x^2 = \frac{(x_1 - \bar{x}) + (x_2 - \bar{x}) + (x_3 - \bar{x})}{n}$$

$$V(x) = \int_x^2 = \frac{(209.01 - 203.13)^2 + (201.59 - 203.13)^2 + (198.79 - 203.13)^2}{3}$$

$$V(x) = \int_x^2 = \frac{34.57 + 2.37 + 18.87}{3}$$

$$V(x) = 18.59\% \quad \mathbf{S(x) = 4.312\%}$$

IV. ANALISIS Y DISCUSIÓN

Este capítulo comprende la contrastación con otros autores y la normatividad vigente. De esta forma, se procedió a analizar los resultados de los objetivos: Realizar el ATD y el FRX de la ceniza de palma aceitera, determinar la partícula por molienda que permita su homogeneización en la sustitución del cemento, determinar la relación A/C de la muestra patrón y experimental, para determinar el tiempo de fraguado y la resistencia a la compresión de la muestra patrón y experimental y comparar resultados con interpretación estadística edad 7,14 y 28 días.

De esta manera, se llevó a cabo el ATD de la ceniza de hoja de palma aceitera a través del análisis térmico diferencial. La muestra presenta dos pérdidas de masa en rangos de temperatura entre 70 y 120 °C y una segunda entre 740 °C y 800 °C, según el análisis gravimétrico mostrado en la figura número 2, donde el material pierde aproximadamente el 6.2% de su masa original a la temperatura máxima de ensayo. Según el figura N°3, el análisis calorimétrico muestra picos endotérmicos en 100°C y una región térmica entre 190 °C y 240°C, más adelante muestra un ligero pico endotérmico en torno a los 700 °C , lo que podría indicar la posibilidad de que el material sufra algún cambio estructural y de sus propiedades, como la deshidroxilación de la ceniza de palma aceitera y la creación de un material aproximado de amorfo y puzolánico.

En la discusión lo comparamos con la investigación de Matienzo, J. (2018) donde obtuvo como resultado de su primer objetivo específico, el análisis térmico diferencial de la concha de abanico muestra una estabilidad térmica hasta los 700°C y una disminución de la masa hasta los 920°C, lo que significa que la muestra pierde un 43% de su masa respecto a su comienzo. Según el análisis calorimétrico, en la curva se observa un pico endotérmico, indicando una absorción de calor durante una reacción, luego, hay un segundo pico endotérmico que comienza a 890°C, señalando otra fase de cambio térmico. Durante un periodo de cuatro horas a 890°C, se llevó a cabo la activación térmica del polvo de concha de abanico, este proceso provoca la conversión del contenido de carbonato de calcio (CaCO_3) en su fase activa de óxido de calcio (CaO). Según la Activación Térmica el óxido de calcio (CaO) obtenido puede ser un

componente clave para el cemento puzolánico y al agregar este óxido de calcio a la mezcla de concreto, se proporcionarían elementos puzolánicos, especialmente hidróxidos de calcio, que son esenciales para las propiedades del cemento puzolánico.

Según el análisis químico realizado, el FRX, para la muestra de ceniza de palma aceitera nos da los contenidos más relevantes de sus óxidos activados los cuales son: 38.507% de Óxido de Calcio, 10.689% de dióxido de Silicio, 7.102% de Óxido de Aluminio, la suma de las mismas dan un valor de 56.298% que supera al criterio de puzolanas establecido en la ASTM C618-05, así como también cuenta con una proporción de Oxido de Potasio de 19.025%, donde se puede ver que el potación en gran cantidad afecta la durabilidad del concreto a largo plazo. Con lo cual se elaboró la muestra con características puzolánicas. En la parte de discusión lo comparamos con la investigación de Matienzo, J. (2018) donde como resultado de su objetivo específico indica que el análisis químico de la muestra de concha de abanico nos da como resultado Oxido de Calcio (CaO): 73.014%, Trióxido de Aluminio (Al₂O₃):15.477% y Dióxido de Silicio (SiO₂): 10.084%, la suma de estos porcentajes es 98.68%, y se menciona que este valor supera al criterio de puzolanas establecido en la ASTM C618-05 para poder ser puzolana natural. Esto sugiere que la muestra de ceniza de palma aceitera tiene propiedades que la hacen adecuada como material precursor del cemento puzolánico, que es un tipo de cemento que incorpora materiales puzolánicos para mejorar sus propiedades. Los resultados del análisis químico indican que la ceniza de palma aceitera contiene una cantidad significativa de componentes que son beneficiosos para la producción de cemento, cumpliendo con los estándares establecidos en la normativa mencionada.

Al mismo tiempo, con respecto al análisis de la relación agua – cemento experimental, fue de 0.684, y esta coincide con la relación agua-cemento del patrón, esta coincidencia podría ser considerada positiva, ya que indica que la mezcla experimental tiene una proporción de agua y cemento similar a la mezcla estándar, y no se observa una diferencia significativa en los resultados en comparación con el cemento sin ceniza. Esto sugiere que la ceniza palma aceitera no afecta la hidratación del cemento en términos de requerimientos de agua. En la parte de discusión lo comparamos con la

investigación de Matienzo, J. (2018) donde como resultado de análisis de la relación agua – cemento experimental, su resultado fue de 0.684 y la relación agua- cemento del patrón es de 0.684. tiendo un resultado similar a esta investigación.

De antes dicho, se pudo analizar los resultados de determinar la resistencia a la compresión de concreto de la muestra patrón y experimental, se tiene que al día 7 de curado, el promedio de las muestras de patrón es de 171.24 kg/cm², las muestras experimentales es 179.41 kg/cm² al 3% de sustitución del cemento por CPA y 163.49 kg/cm² al 5% de sustitución del cemento por CPA, de igual forma la resistencia a la compresión de concreto de las muestras patrón y experimental, al día 14 de curado se tiene, el promedio de las muestras de patrón es 203.47 kg/cm², las muestras experimentales es 197.62 kg/cm² al 3% de sustitución del cemento por CPA y 187.52 kg/cm² al 5% de sustitución del cemento por CPA; por último, la resistencia a la compresión de concreto de las muestras patrón y experimental, a los 28 días de curado se tiene, el promedio de las muestras de patrón es de 226.8 kg/cm² y en de las muestras experimentales es 218.19 kg/cm² al 3% de sustitución del cemento por CPA y 203.13 kg/cm² al 5% de sustitución del cemento por CPA. En la parte de discusión lo comparamos con la investigación de Toledo, R. (2019), donde en el figura N° 07, se visualiza la comparación de resultados con interpretación a edad 7,14 y 28 días, en donde se observa que los 7 días iniciales de curado la mayor resistencia consigue el diseño de mezcla experimental de cemento sustituido por 3% de CPA, seguido el diseño patrón y por último el diseño experimental de cemento sustituido por 5% de CPA. Se aprecia que, a los 14 días de curado, el diseño patrón muestra mejores resultados con 203 kg/cm² en comparación a los 2 diseños experimentales dando 197.62 km/cm² y 187.52 km/cm² respectivamente, luego a los 28 días de curado el diseño patrón alcanzó la máxima resistencia con 226.80 kg/cm² mientras que los diseños experimentales alcanzaron una resistencia a la compresión de 218.09 kg/cm² y 203.13 kg/cm² respectivamente.

V. CONCLUSIONES

Se concluye que el análisis térmico diferencial (ATD) permitió determinar la adecuada temperatura a la ceniza de palma aceitera deberían calcinarse para activar óxido de calcio y dióxido de sílice. En un lapso de dos horas, la ceniza de palma debía calcinarse a 700 ° C.

Se concluye que mediante el análisis de fluorescencia de rayos X (FRX) que la ceniza de palma aceitera contenía un porcentaje de 38.507% de óxido de silicio, 10.689% de óxido de aluminio y 7.102% de óxido de hierro. Esto se debió a que el cemento contiene estos elementos químicos y puede sustituirlos posteriormente.

Se concluye que, para el análisis patrón y experimental, la dosificación y la proporción agua-cemento de la mezcla eran suficientes para producir concreto plástico.

Se concluye que el concreto con cemento sustituido al 3% por ceniza de palma aceitera supera levemente la resistencia de 210 kg/cm² en el ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días de curado, debido a los elementos presentes en su composición química; por tal motivo se puede considerar una puzolana natural y el concreto con cemento sustituido al 5% por ceniza de palma aceitera esta levemente por debajo de la resistencia de 210 kg/cm² en el ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días de curado; pero aun así se puede considerar un resultado aceptable.

Se concluye, que podemos decir que la sustitución de ceniza de palma aceitera funcionó bien, demostrando una alta resistencia para reemplazar en porcentajes al cemento en un concreto convencional.

VI. RECOMENDACIONES

Por los resultados obtenidos se recomienda continuar investigando la ceniza de palma aceitera, probando diferentes temperaturas y tiempos para su calcinación.

Se recomienda tener cuidado con los materiales al activarlos para no contaminar la muestra y evitar alterar los resultados deseados.

Se recomienda crear nuevas dosis para mejorar la resistencia del concreto.

Se recomienda investigaciones para examinar la sustitución en edades superiores a los 28 días, y lograr la comparación de mayores resistencias al sustituir el material.

En futuras investigaciones, se propone utilizar cantidades adicionales de ceniza de palma aceitera para reemplazar y realizar análisis de fluorescencia de rayos X (FRXDE) para obtener sus componentes químicos, lo que podría tener un impacto positivo en el concreto.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abanto, T. (2017). *Tecnología del Concreto*. (tercera edición). Lima: San Marcos.
- American Concrete Institute. Comité 212. (2010). *Informe sobre Aditivos Químicos para Hormigón (ACI 212.3R-10)*. Detroit: The Institute.
- American Concrete Institute. Comité 318. (2015). *Requisitos de Reglamento para concreto Estructural (ACI 318.RS-14)*. Detroit: The Institute.
- Arimana, I. A. y Taquiri, L. A. (2020). *Evaluación de la resistencia a la compresión y flexión del concreto f'_c : 210 kg/cm², mediante la adición de residuos de mármol, Lima 2020*. [Tesis de grado]. Universidad César vallejo, Lima Perú.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (2009). *Especificación Normalizada para Cemento Portland*. ASTM C 150/C 150 M-16.2016.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (2002). *Método de prueba estándar para la retención de agua por materiales de curado de concreto*. ASTM C 156/C 156 M-14.2014.
- ARQHYS. (2012). *Mármol y su construcción*. Recuperado de: <http://www.arqhys.com/construcciones/marmol-construccion.html>.
- Francis, G. (1981). *Ensayos y control de los hormigones*. (Primera edición). España: Reverte.
- Gonzales, M. (1962). *Tecnología Del Concreto - Diseño De Mezclas*. (Primera edición). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Gutiérrez, L. (2003). *El Concreto y otros Materiales para la Construcción*. (Segunda edición). Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2003. 227 pp. ISBN 9589322824.
- Iquique, S. (2018). *Estudio de las características físicas, químicas y mecánicas de la ceniza de palma africana como aditivo para mejorar las propiedades del cemento ugc, 2018*, [Tesis de Grado]. Universidad San Carlos. Guatemala, Guatemala.

NORMA GTECNICA PERUANA. NTP 339.008. (2006). *Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland* (2 ed.). Lima: Dirección de Normalización – INACAL.

NORMA TÉCNICA PERUANA. NTP 400.043. (2015). *Agregados practica normalizada para reducir las muestras de agregados a tamaño de ensayo* (2 ed.). Lima: Dirección de Normalización - INACAL.

Matienzo, J. (2018). *Resistencia a la compresión de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo al cemento por la combinación de un 8% por el polvo de la concha de abanico y 12% por las cenizas de la cascara de arroz –2017*. [Tesis de grado]. Universidad San pedro. Chimbote, Perú.

http://publicaciones.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/5476/Tesis_57380.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mastali A. & Dalvand, A. (2017). *Fresh and hardened properties of selfcompacting concrete reinforced with hybrid recycled steelpolypropylene fiber*. Recuperado de:

<https://lu.ac.ir/usersfiles/963063.1803476.3266551.78618.pdf>

Metha, P. y Monteiro, P. (2013). *Concrete: Microstructure, Properties and Materials*. Third edition. California: McGraw- Hill.

Osorio, JD (2022, 1 de junio). *Resistencia mecánica del concreto y resistencia a la compresión*. 360 EN COCNRETO; Comunidad 360 En Concreto.

<https://360enconcreto.com/blog/detalle/resistencia-mecanica-del-concreto-y-compresion>

Risco, E. (2019). *Análisis de viabilidad del uso de cenizas de palma de aceite mezcladas con escoria granulada y activadores alcalinos para elaboración de morteros de recubrimiento, 2019*, [Tesis de Grado]. Universidad La Salle. Bogotá, Colombia.

Rivera, E. (2014). *Diseño de Mezclas*. (Tercera edición). Lima. Perú.

- Rivera, E. (2015). *Tecnología del Concreto: Diseño de Mezclas*. (Tercera edición.). Lima. Perú.
- Taylor, H. (1997). *Química del cemento*. (Segunda edición). Escocia: Thomas Telford.
- Toledo, S. M. (2019). *Resistencia a compresión de mortero $f'_{c\ 200\ kg/cm^2}$ sustituyendo parcialmente el cemento por ceniza de hoja de molle, 2019*, [Tesis de Grado]. Universidad Católica Los Ángeles. Huaraz, Perú.
- Wendner, R., Vorel, J., Smith, J., Hoover, C. G., Bazant, Z. k. P., & Cusatis, G. (2014). *Characterization of concrete failure behavior: a comprehensive experimental database for the calibration and validation of concrete models*. *Materials and Structures*. doi:10.1617/s11527-014-04260.

VIII. ANEXOS

Anexo 1

Tabla 5: *Características principales de los agregados*

Características de los agregados	Concreto Fresco	Concreto Endurecido
Granulometría	Manejabilidad Requerimiento de agua Sangrado	Resistencia Mecánica Cambio Volumétricos Economía
Limpieza (materia orgánica, limo, arcilla y otros finos indeseables)	Peso Unitario Finos no Plásticos	Durabilidad Resistencia Mecánica Cambios Volumétricos
Densidad	Peso Unitario	Peso Unitario
Sanidad	Requerimiento de agua	Durabilidad
Absorción y Porosidad	Pérdida de rendimiento Contracción Plástica	Durabilidad Permeabilidad
Forma de Partículas	Manejabilidad Requerimiento de agua Sangrado	Resistencia Mecánica Cambios Volumétricos Economía
Granulometría	Manejabilidad Requerimiento de agua Segregación	Durabilidad Resistencia al Desgaste Resistencia Mecánica
Tamaño Máximo	Peso Unitario Requerimiento de agua	Durabilidad Cambios Volumétricos Peso Unitario Durabilidad
Reactividad de los Álcalis		Durabilidad
Módulo de elasticidad		Módulo de elasticidad Cambios Volumétricos
Resistencia a la Abrasión		Resistencia a la abrasión Durabilidad
Resistencia mecánica (por aplastamiento)		Resistencia mecánica

**Partículas friables y
terrones de arcillas**

Contracción plástica

Resistencia a la abrasión

Durabilidad

**Coeficiente de
expansión**

Propiedades térmicas

Fuente: Tecnología del concreto - Teoría y problemas (Abanto, 2008).

Nota: Esta tabla muestra las características principales de los agregados en un concreto fresco y un concreto endurecido.

Anexo 2

Tabla 6

Porcentajes de agregados que pasa por los tamices normalizados

AST M N°	TAMAH O	% QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS												
		4"	3	3"	2	2"	1	1"	3/4"	1/2"	3/8	N°	N°	N°1
1	3 1/2" a 1	10	90		25		0 a		0 a					
2	2 1/2" a 1			10	90	35	0 a		0 a					
3	2" a 1"				10	95	35	0 a		0 a				
357	2" a Malla				10	95		35		10		0 a		
4	1 1/2" a 3/4"					10	90	20	0 a		0 a			
467	1 1/2" a					10	95		35		10	0 a		
5	1" a 1/2"						10	90	20	0 a	0 a			
56	1" a 3/8"						10	90		10	0 a	0 a		
57	1" a Malla						10	95		25		0 a	0 a	
6	3/4" a 3/8"							10	90	20	0 a	0 a		
67	3/4" a							10	90		20	0 a	0 a	
7	1/2" a								10	90	40	0 a	0 a	
8	3/8 a									10	85	10	0 a	0 a

Fuente: Agregados. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto (NTP 400.037, 2014)

Nota: Esta tabla muestra el porcentaje de agregados que pasa por los tamices normalizados según NPT 400.037.

Anexo 3

INFORME DE ATD



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Polímeros

Trujillo, 23 de noviembre del 2022

INFORME N° 77 - NOV-22

Solicitante: Franklin Arturo Paredes Yarlequé – Universidad San Pedro
RUC/DNI: 46900321
Supervisor:

1. MUESTRA: Ceniza Palma Aceitera (1.0 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CPA-77J	32.8 mg	

2. ENSAYOS A APLICAR

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

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Analizador Térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 32.8 mg.

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

Tel: 44-2035510/919790880 dzachavez@untrujillo.edu.pe / Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria / Trujillo - Perú



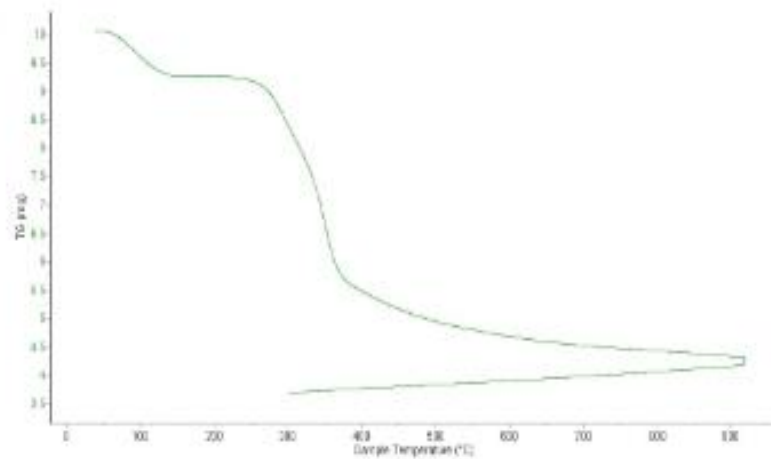
Trujillo, 23 de Noviembre del 2022

INFORME N° 77 - NOV-22

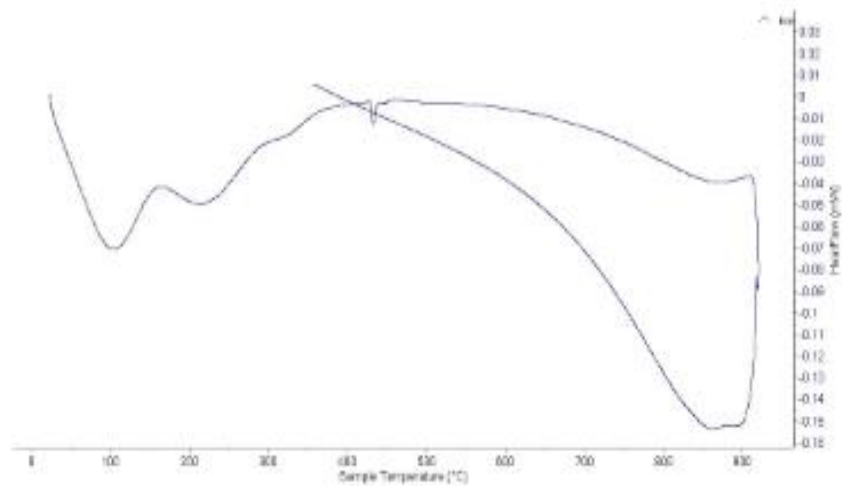


4. Resultados:

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



II- Curva Calorimétrica ATD





Trujillo, 23 de noviembre del 2022

INFORME N° 77 - NOV-22

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra dos caídas de la masa, la primera, entre 70 y 120°C y la más importante, la segunda, se da entre 740 y 800°C, posteriormente la caída es lenta, hasta llegar a perder un total de 6.2% de su masa inicial aproximadamente cuando se ha alcanzado su máxima temperatura de ensayo.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar picos endotérmicos en 100°C y una (1) región térmica entre 190°C y 240°C. Posteriormente, más adelante, se muestra un ligero pico endotérmico (muy tenue) en torno a 700°C que es una temperatura de cambio estructural y cambio en sus propiedades.

Trujillo, 23 de noviembre del 2022

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

Anexo 4

INFORME DE FXRDE



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Laboratorio de Arqueometría

Informe N°025-LAQ/2022

Análisis de ceniza de palma aceitera por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) de esta muestra de ceniza de palma aceitera a pedido del Sr. Paredes Yarleque, Franklin Arturo, egresado de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, que forma parte de su proyecto de tesis para titulación:

“Resistencia en concreto con cemento sustituido al 3% y 5% por ceniza de palma aceitera de Nesuya - Pucallpa”

La muestra fue previamente calcinada a 700°C y pasada por malla 200, y está en forma de grano fino de color plomo.

Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15 μ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 500 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°, distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 1000 cts/s.

Esta técnica de FRXDE permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Na (Z=11) y Mg (Z=12) no pueden ser registrados en el espectro.

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos de tipo





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Laboratorio de Arqueometría

L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene.

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

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

Resultados.

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de ceniza de palma. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos. En general, cada pico identifica un elemento químico, comenzando por la izquierda con el pico de Al, seguido del pico de Si y así sucesivamente a medida que aumentan el número atómico del elemento presente y la energía del rayo-X.





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Laboratorio de Arqueometría

La Tabla 1 muestra los resultados cuantitativos del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en un proceso de calcinación. La suma en términos de contenido de óxidos es ligeramente mayor que 100%. Es probable que la muestra esté constituida en parte por compuestos diferentes de óxidos y/o hay una ligera deficiencia en la calibración del instrumento. Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X.

Tabla 1. Composición elemental de polvo de ceniza de palma
aceitera en % de la masa total.

Óxido	Concentración n % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	10.689	10.625
SiO ₂	38.507	38.439
P ₂ O ₅	0.696	0.676
SO ₂	0.407	0.396
SnO ₂	0.028	0.026
K ₂ O	19.025	18.001
CaO	15.912	14.813
TiO ₂	0.032	0.031
MgO	9.881	9.869
Fe ₂ O ₃	7.102	7.037
Ni ₂ O ₃	0.006	0.005
CuO	0.058	0.056
ZnO	0.028	0.026
Total	102.371	100.00





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Laboratorio de Archeometría

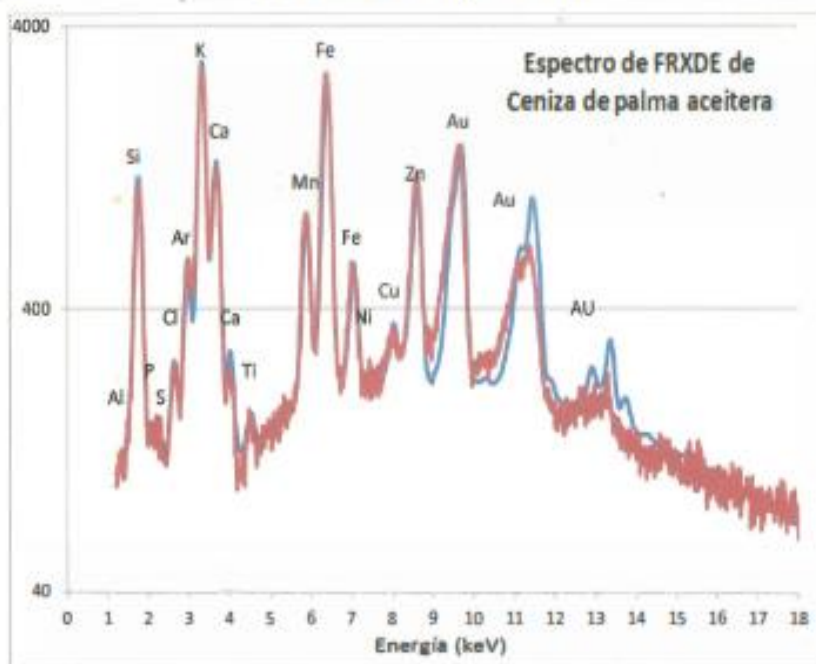


Figura 1. Espectro de FRXDE de ceniza de palma aceitera en escala semi-logaritmica. Incluye el pico de Ar del aire, así como los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos

Laboratorio de Archeometría

Lima, 10 de diciembre del 2022



Anexo 5

ANALISIS DE LABORATORIO



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO FINO (ASTM C 136-06)

SOLICITA : PAREDES YARLEQUE FRANKLIN ARTURO
TESIS : RESISTENCIA EN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 3% Y 5% POR CENIZA DE
PALMA ACEITERA DE NESUYA - PUCALLPA
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : VESIQUE
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 18/10/2022

TAMIZ	Abert.(mm)	Peso retenido (gr.)	% ret. Parcial (%)	% ret. Acumu. (%)	% Que pasa (gr.)
N°					
3"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.52	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.76	10.1	1.2	1.2	98.8
N° 8	2.36	90.1	10.7	11.9	88.1
N° 16	1.18	270.0	32.2	44.1	55.9
N° 30	0.60	203.2	24.2	68.3	31.7
N° 50	0.30	118.3	14.1	82.4	17.6
N° 100	0.15	82.6	9.8	92.3	7.7
N° 200	0.08	56.0	6.7	99.0	1.0
PLATO	ASTM C-117-04	8.8	1.0	100.0	0.0
TOTAL		839.1	100.0		

PROPIEDADES FISICAS

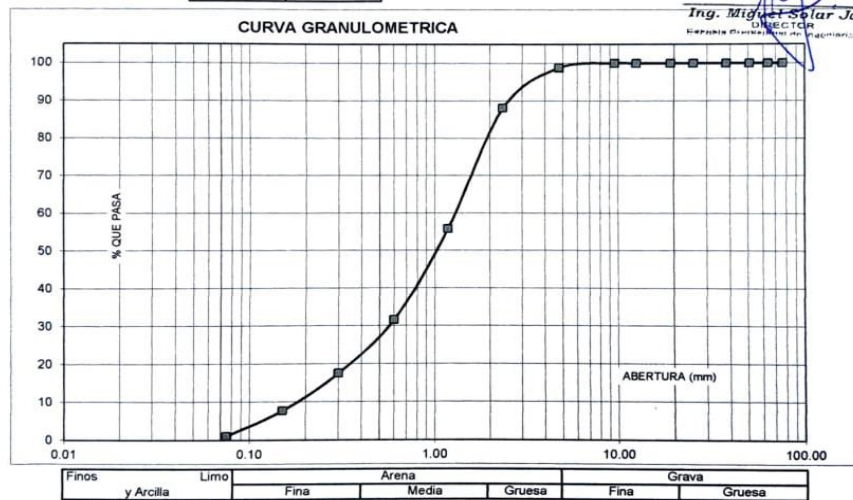
Módulo de Fineza 3.00

OBSERVACIONES

La Muestra tomada identificada por el solicitante.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales



www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO GRUESO
(ASTM C 136-06)

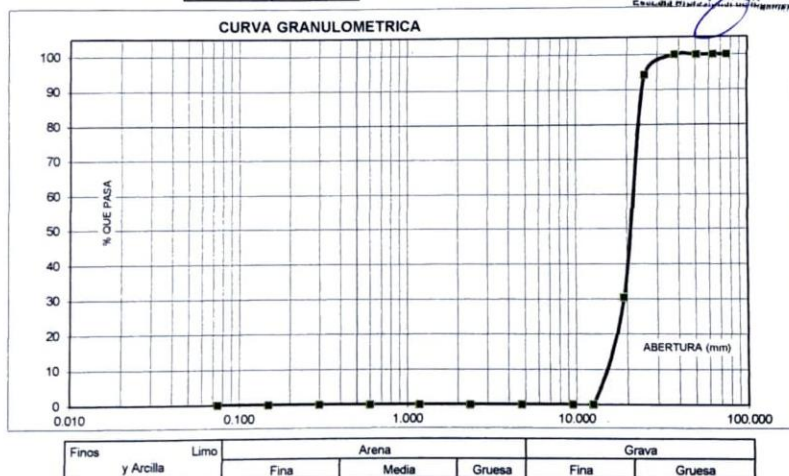
SOLICITA : PAREDES YARLEQUE FRANKLIN ARTURO
TESIS : RESISTENCIA EN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 3% Y 5% POR CENIZA DE
PALMA ACEITERA DE NESUYA - PUCALLPA
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 18/10/2022

TAMIZ	Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
N°	Abert. (mm)	(gr.)	(%)	(%)
3"	76.200	0.0	0.0	100.0
2 1/4"	63.500	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	73.1	5.7	94.3
3/4"	19.100	815.6	63.8	36.2
1/2"	12.500	389.2	30.5	69.5
3/8"	9.520	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.760	0.0	0.0	100.0
N° 8	2.360	0.0	0.0	100.0
N° 16	1.180	0.0	0.0	100.0
N° 30	0.600	0.0	0.0	100.0
N° 50	0.300	0.0	0.0	100.0
N° 100	0.150	0.0	0.0	100.0
N° 200	0.075	0.0	0.0	100.0
PLATO	ASTM C-117-04	0	0.0	100.0
TOTAL		1277.9	100.0	

PROPIEDADES FISICAS	
Tamaño Maximo Nominal	3/4"
Huso	N° 5
	Ref. (ASTM C-33)

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
Ingeniero Civil



www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO
(ASTM D-2216)

SOLICITA : PAREDES YARLEQUE FRANKLIN ARTURO
TESIS : RESISTENCIA EN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 3% Y 5% POR CENIZA DE
PALMA ACEITERA DE NESUYA - PUCALLPA
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
CANTERA : VESIQUE
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 18/10/2022

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1090.1	1185.6
TARA + SUELO SECO (gr)	1083	1178
PESO DEL AGUA (gr)	7.1	7.6
PESO DE LA TARA (gr)	169.2	201.8
PESO DEL SUELO SECO (gr)	913.8	976.2
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.78	0.78
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.78	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: Imseyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO
(ASTM D-2216)

SOLICITA : PAREDES YARLEQUE FRANKLIN ARTURO
TESIS : RESISTENCIA EN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 3% Y 5% POR CENIZA DE
PALMA ACEITERA DE NESUYA - PUCALLPA
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANtera : RUBEN
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 18/10/2022

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1168.2	1289.3
TARA + SUELO SECO (gr)	1164.6	1284.1
PESO DEL AGUA (gr)	3.6	5.2
PESO DE LA TARA (gr)	169.2	201.8
PESO DEL SUELO SECO (gr)	995.4	1082.3
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.36	0.48
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.42	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

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

SOLICITA : PAREDES YARLEQUE FRANKLIN ARTURO
TESIS : RESISTENCIA EN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 3% Y 5% POR CENIZA DE
PALMA ACEITERA DE NESUYA - PUCALLPA
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : VESIQUE
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 18/10/2022

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire) gr.	300.00	300.00
B	Peso de picnometro + agua gr.	664.20	664.20
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A+B) cm ³	964.20	964.20
D	Peso de picnometro + agua + material gr.	854.00	854.00
E	Volumen de masa + volumen de vacios (C-D) cm ³	110.20	110.20
F	Peso de material seco en estufa gr.	298.20	298.20
G	Volumen de masa (E-(A-F))	108.40	108.40
H	P.e. Bulk (Base Seca) F/E	2.706	2.706
I	P.e. Bulk (Base Saturada) A/E	2.722	2.722
J	P.e. Aparente (Base Seca) F/E	2.751	2.751
K	Absorción (%) ((D-A)/A)x100	0.60	0.60

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.706
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.722
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.751
Absorción (%) : 0.60

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

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

SOLICITA : PAREDES YARLEQUE FRANKLIN ARTURO
TESIS : RESISTENCIA EN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 3% Y 5% POR CENIZA DE
PALMA ACEITERA DE NESUYA - PUCALLPA
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 18/10/2022

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	644.90	642.50
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	418.00	415.00
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A-B)	226.90	227.50
D	Peso de material seco en estufa	641.70	638.40
E	Volumen de masa (C-(A-D))	223.70	223.40
G	P.e. Bulk (Base Seca) D/C	2.828	2.806
H	P.e. Bulk (Base Saturada) A/C	2.842	2.824
I	P.e. Aparente (Base Seca) D/E	2.869	2.858
F	Absorción (%) ((D-A/A)x100)	0.50	0.64

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.817
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.833
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.863
Absorción (%) : 0.57

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Módulo de Ingeniería de Materiales

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

SOLICITA : PAREDES YARLEQUE FRANKLIN ARTURO
TESIS : RESISTENCIA EN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 3% Y 5% POR CENIZA DE
PALMA ACEITERA DE NESUYA - PUCALLPA
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 18/10/2022

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	18850	18950	18900
Peso de molde	5120	5120	5120
Peso de muestra	13730	13830	13780
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario (Kg/m ³)	1466	1479	1473
Peso unitario prom. (Kg/m ³)	1473		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1467		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	20000	19800	19850
Peso de molde	5120	5120	5120
Peso de muestra	14880	14680	14730
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario (Kg/m ³)	1591	1569	1575
Peso unitario prom. (Kg/m ³)	1578		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1572		

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

SOLICITA : PAREDES YARLEQUE FRANKLIN ARTURO
TESIS : RESISTENCIA EN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 3% Y 5% POR CENIZA DE
PALMA ACEITERA DE NESUYA - PUCALLPA
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
CANTERA : VESIQUE
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 18/10/2022

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7615	7701	7688
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	4289	4375	4362
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m ³)	1538	1569	1565
Peso unitario prom. (Kg/m ³)	1557		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1545		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8186.5	8178	8209
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	4862.5	4852	4883
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m ³)	1744	1740	1751
Peso unitario prom. (Kg/m ³)	1745		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1732		

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solari Jara
DIRECTOR
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

(Frasco de Le Chaletier)

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

SOLICITA : PAREDES YARLEQUE FRANKLIN ARTURO
TESIS : RESISTENCIA EN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 3% Y 5% POR CENIZA DE
PALMA ACEITERA DE NESUYA - PUCALLPA
MATERIAL : 97% CEMENTO + 3% CENIZA DE PALMA DE ACEITERA DE NESUYA
FECHA : 18/10/2022

PRUEBA N°	01	02
FRASCO N°		
LECTURA INICIAL (ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL (ml)	20.80	20.80
PESO DE MUESTRA (gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO (ml)	20.80	20.80
PESO ESPECIFICO	3.077	3.077
PESO ESPECIFICO PROMEDIO (gr / cm3)	3.077	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CAJAMARCA

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

(Frasco de Le Chaletier)

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

SOLICITA : PAREDES YARLEQUE FRANKLIN ARTURO
TESIS : RESISTENCIA EN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 3% Y 5% POR CENIZA DE
PALMA ACEITERA DE NESUYA - PUCALLPA
MATERIAL : 95% CEMENTO + 5% CENIZA DE PALMA DE ACEITERA DE NESUYA
FECHA : 18/10/2022

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	21.20	21.20
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	21.20	21.20
PESO ESPECIFICO		3.019	3.019
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	(gr / cm3)	3.019	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
CORRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

DISEÑO DE MEZCLA

SOLICITA : PAREDES YARLEQUE FRANKLIN ARTURO
TESIS : RESISTENCIA EN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 3% Y 5% POR CENIZA DE
PALMA ACEITERA DE NESUYA - PUCALLPA
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
FECHA : 18/10/2022

ESPECIFICACIONES

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

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso específico 3.10

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.- Agregado Fino :

CANtera : VESIQUE

- Peso específico de masa 2.71
- Peso unitario suelto 1545 kg/m³
- Peso unitario compactado 1732 kg/m³
- Contenido de humedad 0.78 %
- Absorción 0.60 %
- Módulo de fineza 3.00

D.- Agregado grueso

CANtera : RUBEN

- Piedra, perfil angular 3/4"
- Tamaño Máximo Nominal 2.82
- Peso específico de masa 1467 kg/m³
- Peso unitario suelto 1572 kg/m³
- Contenido de humedad 0.42 %
- Absorción 0.57 %

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

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

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4", el volumen unitario de agua es de 205 lt/m³ .

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

FACTOR DE CEMENTO

F.C. : $205 / 0.684 = 299.708 \text{ kg/m}^3 = 7.05 \text{ bolsas / m}^3$

VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS

Cemento.....	299.708	kg/m ³
Agua efectiva.....	204.790	lts/m ³
Agregado fino.....	937.009	kg/m ³
Agregado grueso.....	946.865	kg/m ³

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{299.71}{299.71} : \frac{937.009}{299.71} : \frac{946.87}{299.71}$$

1 : 3.13 : 3.16 : 29.04 lts / bolsa

PROPORCIONES EN VOLUMEN

1 : 3.01 : 3.22 : 29.04 lts / bolsa

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

DISEÑO DE MEZCLA
(3% SUSTITUCION DEL CEMENTO)

SOLICITA : PAREDES YARLEQUE FRANKLIN ARTURO
TESIS : RESISTENCIA EN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 3% Y 5% POR CENIZA DE
PALMA ACEITERA DE NESUYA - PUCALLPA
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 18/10/2022

ESPECIFICACIONES

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

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso específico 3.07

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

CANTERA : VESIQUE

- Peso específico de masa 2.71
- Peso unitario suelto 1545 kg/m³
- Peso unitario compactado 1732 kg/m³
- Contenido de humedad 0.78 %
- Absorción 0.60 %
- Módulo de fineza 3.00

D.- Agregado grueso

CANTERA : RUBEN

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 3/4"
- Peso específico de masa 2.82
- Peso unitario suelto 1467 kg/m³
- Peso unitario compactado 1572 kg/m³
- Contenido de humedad 0.42 %
- Absorción 0.57 %


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Sotlar Jara
DIRECTOR
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

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

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4" , el volumen unitario de agua es de 205 lt/m³ .

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m ³)	0.094
3% DE CENIZA DE PALMA ACEITERA.....	(m ³)	0.003
Agua efectiva.....	(m ³)	0.205
Agregado fino.....	(m ³)	0.344
Agregado grueso.....	(m ³)	0.335
Aire.....	(m ³)	0.020
		1.000 m³

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

Chimote

Ing. Miguel Solar Jara

COORDINADOR

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

PESOS SECOS

Cemento.....	290.72	kg/m ³
3% DE CENIZA DE PALMA ACEITERA.....	8.991	kg/m ³
Agua efectiva.....	205.00	lts/m ³
Agregado fino.....	929.78	kg/m ³
Agregado grueso.....	942.90	kg/m ³

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	290.72	kg/m ³
3% DE CENIZA DE PALMA ACEITERA.....	8.991	kg/m ³
Agua efectiva.....	204.79	lts/m ³
Agregado fino.....	937.01	kg/m ³
Agregado grueso.....	946.87	kg/m ³

PROPORCIONES EN VOLUMEN

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

DISEÑO DE MEZCLA
(5% SUSTITUCION DEL CEMENTO)

SOLICITA : PAREDES YARLEQUE FRANKLIN ARTURO
TESIS : RESISTENCIA EN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 3% Y 5% POR CENIZA DE
PALMA ACEITERA DE NESUYA - PUCALLPA
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
FECHA : 18/10/2022

ESPECIFICACIONES

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

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso específico 3.01

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

CANTERA : VESIQUE

- Peso específico de masa 2.71
- Peso unitario suelto 1545 kg/m³
- Peso unitario compactado 1732 kg/m³
- Contenido de humedad 0.78 %
- Absorción 0.60 %
- Módulo de fineza 3.00

D.- Agregado grueso

CANTERA : RUBEN

- Piedra, perfil angular 3/4"
- Tamaño Máximo Nominal 2.82
- Peso específico de masa 1467 kg/m³
- Peso unitario suelto 1572 kg/m³
- Contenido de humedad 0.42 %
- Absorción 0.57 %

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

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

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4", el volumen unitario de agua es de 205 lt/m³ .

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m ³)	0.092
5% DE CENIZA DE PALMA ACEITERA.....	(m ³)	0.005
Agua efectiva.....	(m ³)	0.205
Agregado fino.....	(m ³)	0.344
Agregado grueso.....	(m ³)	0.335
Aire.....	(m ³)	0.020
		1.000 m³

PESOS SECOS

Cemento.....	284.72 kg/m ³
5% DE CENIZA DE PALMA ACEITERA.....	14.985 kg/m ³
Agua efectiva.....	205.00 lts/m ³
Agregado fino.....	929.78 kg/m ³
Agregado grueso.....	942.90 kg/m ³

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	284.72 kg/m ³
5% DE CENIZA DE PALMA ACEITERA.....	14.985 kg/m ³
Agua efectiva.....	204.79 lts/m ³
Agregado fino.....	937.01 kg/m ³
Agregado grueso.....	946.87 kg/m ³

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

PROPORCIONES EN VOLUMEN

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA : PAREDES YARLEQUE FRANKLIN ARTURO
TESIS : RESISTENCIA EN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 3% Y 5% POR CENIZA DE
PALMA ACEITERA DE NESUYA - PUCALLPA
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 18/10/2022

F' C : 210 Kg/cm²

N°	TESTIGO	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F' C
	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/Cm ²	(%)
01	PATRON	-	15/08/2022	22/08/2022	7	172.37	82.08
02	PATRON	-	15/08/2022	22/08/2022	7	171.81	81.81
03	PATRON	-	15/08/2022	22/08/2022	7	169.54	80.73
04	PATRON	-	15/08/2022	29/08/2022	14	208.52	99.30
05	PATRON	-	15/08/2022	29/08/2022	14	193.83	92.30
06	PATRON	-	15/08/2022	29/08/2022	14	208.07	99.08
07	PATRON	-	15/08/2022	12/09/2022	28	228.37	108.75
08	PATRON	-	15/08/2022	12/09/2022	28	225.65	107.45
09	PATRON	-	15/08/2022	12/09/2022	28	226.38	107.80

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

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

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería en Ingeniería Civil

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL 3%

SOLICITA PAREDES YARLEQUE FRANKLIN ARTURO
TESIS RESISTENCIA EN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 3% Y 5% POR CENIZA DE
PALMA ACEITERA DE NESUYA PUCALLPA
LUGAR CHIMBOTE PROVINCIA DEL SANTA ANCASH
FECHA 18/10/2022

F' C : 210 Kg/cm²

N°	TESTIGO ELEMENTO	SLUMP (")	FECHA MOLDEO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	FC Kg/cm ²	FC/F' C (%)
01	EXPERIMENTAL		23-08-2022	30-08-2022	7	183.38	87.32
02	EXPERIMENTAL		23-08-2022	30-08-2022	7	173.65	82.69
03	EXPERIMENTAL		23-08-2022	30-08-2022	7	179.59	85.52
04	EXPERIMENTAL		23-08-2022	06-09-2022	14	199.35	94.93
05	EXPERIMENTAL		23-08-2022	06-09-2022	14	197.61	94.10
06	EXPERIMENTAL		23-08-2022	06-09-2022	14	195.91	93.29
07	EXPERIMENTAL		23-08-2022	20-09-2022	28	218.62	104.10
08	EXPERIMENTAL		23-08-2022	20-09-2022	28	217.31	103.48
09	EXPERIMENTAL		23-08-2022	20-09-2022	28	218.34	103.97

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

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

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf (043) 483212 - Celular 990562762
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL 5%

SOLICITA : PAREDES YARLEQUE FRANKLIN ARTURO
TESIS : RESISTENCIA EN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 3% Y 5% POR CENIZA DE
PALMA ACEITERA DE NESUYA - PUCALLPA
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 18/10/2022

F'c : 210 Kg/cm²

N°	TESTIGO ELEMENTO	SLUMP (")	MOI DEO FECHA	ROTURA FECHA	EDAD DÍAS	FC Kg/cm ²	FC/F'c (%)
01	EXPERIMENTAL	-	23/08/2022	30/08/2022	7	167.08	79.56
02	EXPERIMENTAL	-	23/08/2022	30/08/2022	7	158.65	75.55
03	EXPERIMENTAL	-	23/08/2022	30/08/2022	7	164.73	78.44
04	EXPERIMENTAL	-	23/08/2022	06/09/2022	14	188.77	89.89
05	EXPERIMENTAL	-	23/08/2022	06/09/2022	14	196.88	93.75
06	EXPERIMENTAL	-	23/08/2022	06/09/2022	14	188.13	89.59
07	EXPERIMENTAL	-	23/08/2022	20/09/2022	28	209.01	99.53
08	EXPERIMENTAL	-	23/08/2022	20/09/2022	28	201.59	95.99
09	EXPERIMENTAL	-	23/08/2022	20/09/2022	28	198.79	94.66

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

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

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Municipal de Ingeniería Civil

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe

Anexo 6

PANEL FOTOFRAGICO



Figura 8: visita a la Empresa Palm Oleo S.A.C



Figura 9: visita al interior de la Empresa Palm Oleo S.A.C

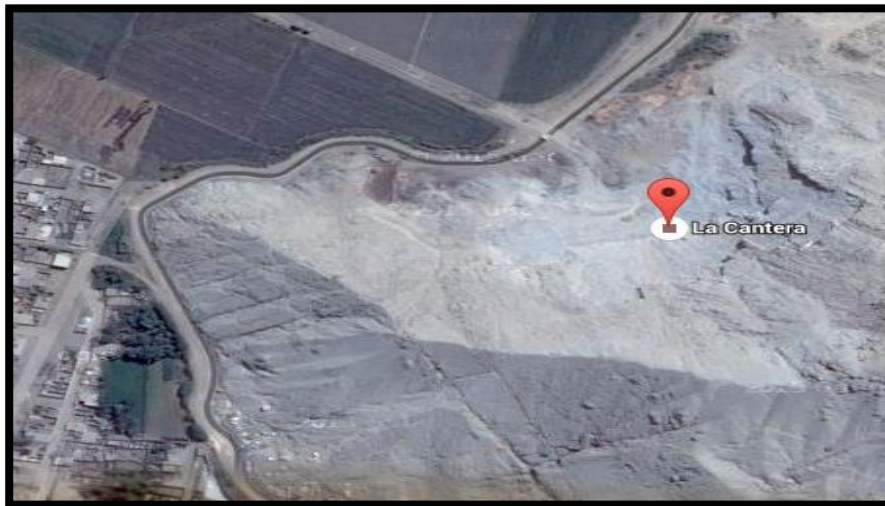


Figura 10: Mapa ubicación de la cantera de samanco



Figura 11: preparado piedra de $\frac{3}{4}$ para ensayos correspondientes

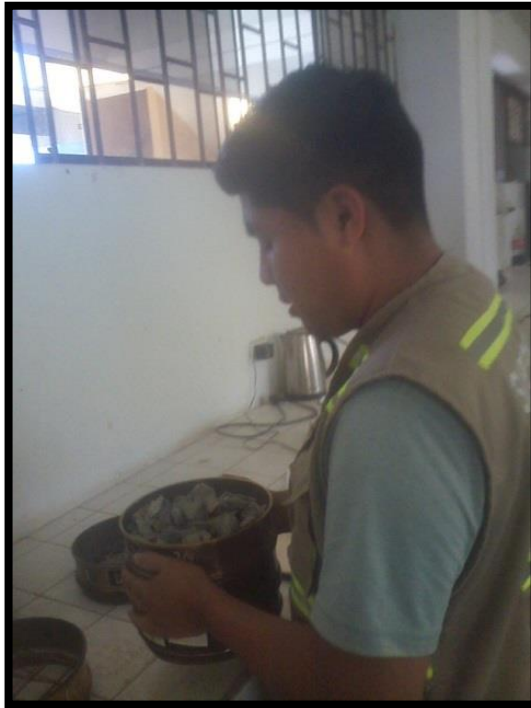


Figura 12: Estudio de granulometría de agregado grueso



Figura 13: Estudio peso unitario de agregado grueso



Figura 14: Estudio de peso unitario de agregado fino



Figura 15: Estudio de gravedad especifica de agregado fino



Figura 16: Estudio absorción de agregado grueso



Figura 17: CPA pasada por malla 100 para luego ser calcinada



Figura 18: Desperdicio de CPA después de ser pasada por malla 100



Figura 19 : Calcinación de CPA a 700 grados por 120 minutos.



Figura 20: Probetas listas, para darse el vaciado de concreto



Figura 21: Preparado de concreto



Figura 22: Llenado de probetas.



Figura 23: Comprobación de slump de concreto patrón e experimental.



Figura 24: Medición de diámetro de probetas patrón e experimental



Figura 25: Ensayo a la compresión de probetas.

REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE DOCUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

1. Información del Autor			
PAREDES YARLEQUE FRANKLIN ARTURO		46900321	frank_sagitario0312@hotmail.com
Apellidos y Nombres		DNI	Correo Electrónico
2. Tipo de Documento de Investigación			
☒ Tesis	☐ Trabajo de Suficiencia Profesional	☐ Trabajo Académico	☐ Trabajo de Investigación
3. Grado Académico o Título Profesional ¹			
☐ Bachiller	☒ Título Profesional	☐ Título Segunda Especialidad	☐ Maestría ☐ Doctorado
4. Título del Documento de Investigación			
Resistencia en concreto con cemento sustituido al 3% y 5% por ceniza de palma aceitera de Nesuya - Pucallpa			
5. Programa Académico			
Ingeniería Civil			
6. Tipo de Acceso al Documento			
☒ Abierto o Público ² (info: eu-repo/semantics/openAccess)		☐ Acceso restringido ³ (info: eu-repo/semantics/restrictedAccess) ^(*)	
(*) En caso de restringido sustentar motivo			

A. Originalidad del Archivo Digital

Por el presente deixo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador y forma parte del proceso que conduce a obtener el grado académico o título profesional.

B. Otorgamiento de una licencia CREATIVE COMMONS⁵

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.⁶




 Firma

Lugar Día Mes Año
 Chimbote 25 11 2024

Importante

1. Según Resolución de Consejo Directivo N° 011-2016-SUNEDU-CD, Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar Grados Académicos y Títulos Profesionales, Art. 8, inciso 8.2.
2. Ley N° 30035, Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y D.S. 006-2015-PCM.
3. Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, entrega a la Universidad San Pedro una licencia no exclusiva para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundir en el Repositorio Institucional Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo en el Marco de la Ley 822.
4. En caso de que el autor elija la segunda opción, únicamente se publicará los datos del autor y resumen de la obra, de acuerdo a la directiva N° 004-2016-CONCYTEC-DEG (Números 5.2 y 6.7) que norma el funcionamiento del Repositorio Nacional Digital.
5. Las licencias Creative Commons (CC) es una organización internacional sin fines de lucro que pone a disposición de los autores un conjunto de licencias flexibles y de herramientas tecnológicas que facilitan la difusión de información, recursos educativos, obras artísticas y científicas, entre otros. Estas licencias también garantizan que el autor obtenga el crédito por su obra.
6. Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales -RENATI, las universidades, institutos y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales prestando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio AUCIA.

Nota: - En caso de falsedad en los datos, se procederá de acuerdo a ley (Ley 27444, art. 32, núm. 32.3).

RESISTENCIA EN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 3% y 5% POR CENIZA DE PALMA ACEITERA DE NESUYA - PUCALLPA

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%	25%	%	9%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	8%
2	1library.co Fuente de Internet	3%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	people.sc.fsu.edu Fuente de Internet	1%
5	es.scribd.com Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Alas Peruanas Trabajo del estudiante	1%
7	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	docplayer.es Fuente de Internet	1%

9	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	1 %
10	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	1 %
11	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
13	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Universidad Laica Vicente Roca fuerte de Guayaquil Trabajo del estudiante	<1 %
15	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
16	cybertesis.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	Submitted to Universidad de Huanuco Trabajo del estudiante	<1 %
19	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.urp.edu.pe	

		<1 %
21	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1 %
22	Submitted to Universidad Católica del CIBAO Trabajo del estudiante	<1 %
23	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
24	dspace.espol.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
25	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
26	publicaciones.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
27	www.ocpi.cu Fuente de Internet	<1 %
28	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
29	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
30	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
31	www.esmeraldas.gob.ec Fuente de Internet	<1 %

32	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
33	fddocuments.in Fuente de Internet	<1 %
34	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
35	www.ecolatina.com Fuente de Internet	<1 %
36	www.termavital.com Fuente de Internet	<1 %
37	360enconcreto.com Fuente de Internet	<1 %
38	futur.upc.edu Fuente de Internet	<1 %
39	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
40	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
41	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
42	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
43	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

44	worldwidescience.org Fuente de Internet	<1 %
45	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
46	www.tradekorea.com Fuente de Internet	<1 %
47	facingyconst.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 6 words

Excluir bibliografía

Activo