



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“Resistencia del Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ Sustituyendo al
Cemento en 5%, 8% y 10% por Ceniza de Lodo de Papel”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

AUTORES:

Perez Llauce, Jefferson Michel (ORCID: 0000-0002-9588-1407)

Rodriguez Rodriguez, Cesar Augusto (ORCID: 0000-0002-1595-6625)

ASESOR:

Mgtr. Sigüenza Abanto, Robert Wilfredo (ORCID: 0000-0001-8850-8463)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

En primer lugar dedicamos este trabajo de investigación a Dios, por su ayuda a no darnos por vencidos, luego de tanto tiempo dedicado a la elaboración del presente trabajo de investigación, gracias a él por brindarnos sabiduría para seguirá adelante.

A nuestros padres, por inculcarnos valores, por el apoyo que nos brindaron en todo este tiempo, y sus gratas recomendaciones sobre algunos pasos en nuestra vida y su tiempo incondicional que nos brindaron.

A nuestro asesor, el Ingeniero Robert Sigüenza Abanto por todas sus recomendaciones otorgadas y el tiempo otorgado, desde principio a fin de la elaboración de esta investigación.

Los Autores.

Agradecimiento

Primeramente agradecemos a Dios por bendecirnos día a día, hasta llegar a cumplir una nueva meta en nuestras vidas.

Asimismo agradecemos a nuestra familia por el apoyo ilimitado, y los buenos consejos que nos brindan para ser mejores personas y profesionales.

De la misma forma agradecer al Ingeniero Robert Sigüenza Abanto por el apoyo y por ser nuestro guía en la elaboración del trabajo de investigación, compartiendo sus conocimientos sobre el tema.

Los Autores.

Índice de contenidos

Caràtula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras.....	vii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II.MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	23
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	24
3.2. Variables y operacionalización.....	27
3.3. Población y muestra.....	28
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	29
3.5. Procedimientos.....	30
3.6. Método de análisis de datos.....	32
3.7. Aspectos éticos.....	32
IV. RESULTADOS.....	33
V. DISCUSIÓN.....	62
VI. CONCLUSIONES.....	69
VII. RECOMENDACIONES.....	71
REFERENCIAS.....	73
ANEXOS.....	77

Índice de tablas

Tabla 1: Límites de composición química del Cemento Portland.....	09
Tabla 2: Composición Química del Cemento Portland Tipo 1-Pacasmayo...	11
Tabla 3: Límites para Agua de Mezcla y de Curado.....	13
Tabla 4: Composición Química del Lodo de Papel.....	16
Tabla 5: Características Químicas del Lodo de Papel.....	16
Tabla 6: Límites de Granulometría para el A. Fino.....	17
Tabla 7: Límites de Granulometría para el A. Grueso.....	17
Tabla 8: Fórmulas de Peso Específico para los agregados.....	18
Tabla 9: Clases de mezclas según su asentamiento.....	22
Tabla 10: Bloque a Investigar – Tiempo y Diseño.....	25
Tabla 11: Variable Dependiente.....	27
Tabla 12: Variable Independiente.....	28
Tabla 13: Métodos o Técnicas del Proyecto.....	29
Tabla 14: Composición Química Elemental de la Ceniza de Lodo de Papel..	36
Tabla 15: Composición Química expresada en Óxidos de la Ceniza de Lodo de Papel.....	37
Tabla 16: Comparación de la composición química de la ceniza de lodo de papel y el cemento portland tipo I.....	38
Tabla 17: Ph en muestras estudiadas.....	38
Tabla 18: Relación a/c por Peso Específico de las muestras.....	40
Tabla 19: Cantidad de Materiales – Muestra Patrón.....	40
Tabla 20: Cantidad de Materiales – Muestra Experimental (5%).....	41
Tabla 21: Cantidad de Materiales – Muestra Experimental (8%).....	41
Tabla 22: Cantidad de Materiales – Muestra Experimental (10%).....	41
Tabla 23: Pesos antes y después del curado de probetas – Muestra Patrón.	42
Tabla 24: Pesos antes y después del curado de probetas – Muestra Experimental (5%).....	42
Tabla 25: Pesos antes y después del curado de probetas – Muestra Experimental (8%).....	43
Tabla 26: Pesos antes y después del curado de probetas – Muestra Experimental (10%).....	43

Tabla 27: Diámetros de Probetas – Muestra Patrón.....	44
Tabla 28: Diámetros de Probetas – Muestra Experimental (5%).....	44
Tabla 29: Diámetros de Probetas – Muestra Experimental (8%).....	45
Tabla 30: Diámetros de Probetas – Muestra Experimental (10%).....	45
Tabla 31: Resistencia a Compresión a los 7 días – Probetas Patrón.....	46
Tabla 32: Resistencia a Compresión a los 14 días – Probetas Patrón.....	47
Tabla 33: Resistencia a Compresión a los 28 días – Probetas Patrón.....	48
Tabla 34: Resistencia a Compresión a los 7 días – Probetas Experimentales (5%).....	49
Tabla 35: Resistencia a Compresión a los 14 días – Probetas Experimentales (5%).....	50
Tabla 36: Resistencia a Compresión a los 28 días – Probetas Experimentales (5%).....	51
Tabla 37: Resistencia a Compresión a los 7 días – Probetas Experimentales (8%).....	52
Tabla 38: Resistencia a Compresión a los 14 días – Probetas Experimentales (8%).....	53
Tabla 39: Resistencia a Compresión a los 28 días – Probetas Experimentales (8%).....	54
Tabla 40: Resistencia a Compresión a los 7 días – Probetas Experimentales (10%).....	55
Tabla 41: Resistencia a Compresión a los 14 días – Probetas Experimentales (10%).....	56
Tabla 42: Resistencia a Compresión a los 28 días – Probetas Experimentales (10%).....	57

Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Esquema de Investigación.....	26
Figura 2. Curva de pérdida de masa del lodo de papel.....	34
Figura 3. Curva calorimétrica DSC del lodo de papel.....	35
Figura 4. Fluorescencia de Rayos X de la ceniza de lodo de papel – Elemental.....	36
Figura 5. Fluorescencia de Rayos X de la ceniza de lodo de papel – Óxidos.....	37
Figura 6. Ensayo de Ph de la ceniza de lodo de papel y de las combinaciones.....	39
Figura 7. Resistencia a la Compresión de Probetas Patrón – 7 días.....	46
Figura 8. Resistencia a la Compresión de Probetas Patrón – 14 días.....	47
Figura 9. Resistencia a la Compresión de Probetas Patrón – 28 días.....	48
Figura 10. Resistencia a la Compresión de Probetas Experimental 5% – 7 días.....	49
Figura 11. Resistencia a la Compresión de Probetas Experimental 5% – 14 días.....	50
Figura 12. Resistencia a Compresión de Probetas Experimental 5% – 28 días.....	51
Figura 13. Resistencia a Compresión de Probetas Experimental 8% – 7 días.....	52
Figura 14. Resistencia a Compresión de Probetas Experimental 8% – 14 días.....	53
Figura 15. Resistencia a Compresión de Probetas Experimental 8% – 28 días.....	54
Figura 16. Resistencia a Compresión de Probetas Experimental 10% – 7 días.....	55
Figura 17. Resistencia a Compresión de Probetas Experimental 10% – 14 días.....	56
Figura 18. Resistencia a Compresión de Probetas Experimental 10% – 28 días.....	57
Figura 19. Resistencia a la compresión promedio de probetas patrón.....	58

Figura 20. Resistencia a la compresión promedio de probetas experimental 5%.....	58
Figura 21. Resistencia a la compresión promedio de probetas experimental 8%.....	59
Figura 22. Resistencia a la compresión promedio de probetas experimental 10%.....	59
Figura 23. Comparación de resistencias a la compresión en 7,14 y 28 días.....	60
Figura 24. Relación entre resultados promedios de resistencias a la compresión.....	61
Figura 25. Recolección del Lodo de Papel.....	111
Figura 26. Secado de Lodo de Papel.....	111
Figura 27. Pre Quemado del Lodo de Papel.....	112
Figura 28. Tamizado por la malla N°200.....	112
Figura 29. Muestras de ceniza de lodo de papel y combinaciones para ensayo de Ph.....	112
Figura 30. Recolección del Agregado Grueso.....	113
Figura 31. Recolección del Agregado Fino.....	113
Figura 32. Ensayo de Granulometría.....	114
Figura 33. Ensayo de Pesos Unitarios.....	114
Figura 34. Ensayo del Cono de Abrams.....	115
Figura 35. Elaboración de Probetas.....	115
Figura 36. Curado de Probetas.....	116
Figura 37. Rotura de Probetas.....	116

Resumen

La presente investigación tiene como propósito comparar la resistencia a compresión de un concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con un concreto donde se sustituirá al cemento en 5%, 8% y 10% por ceniza de lodo de papel obtenido en la empresa Trupal S.A.

Esta investigación comprende una metodología experimental, de tipo aplicada con nivel cuasi experimental. Se elaboraron 9 probetas de concreto patrón y 9 probetas de concreto experimental para cada porcentaje de sustitución del cemento, posteriormente serán sometidas al ensayo de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de curado.

Se obtuvieron los siguientes resultados, las probetas patrón alcanzaron un $F'c = 222.41 \text{ kg/cm}^2$. Para las probetas experimentales, cuando el cemento fue sustituido en 5% alcanzó un $F'c = 234.31 \text{ kg/cm}^2$, cuando el cemento fue sustituido en 8% logró un $F'c = 214.92 \text{ kg/cm}^2$, finalmente sustituyendo el cemento en 10% se obtuvo un $F'c = 198.69 \text{ kg/cm}^2$, concluyendo que el concreto donde se sustituyó al cemento en un 5% presenta una resistencia mayor representando un 111.57%, asimismo el concreto donde se sustituyó al cemento en un 10% presenta una resistencia menor representando un 94.62%, estos resultados en comparación con el concreto patrón.

Palabras Claves: Resistencia del concreto, tecnología del concreto, ceniza de lodo de papel.

Abstract

The present investigation is to compare the compressive strength of a concrete $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, with a concrete where 5%, 8% and 10% cement will be replaced by paper mud ash obtained in the company Trupal S.A.

This research comprises an experimental methodology, of an applied type with a quasi-experimental level. 9 test pieces of standard concrete and 9 test pieces of experimental concrete were made for each percentage of cement substitution, later they will be subjected to the compression resistance test at 7, 14 and 28 days of curing.

The following results were obtained, the standard specimens reached an $F'c = 222.41 \text{ kg / cm}^2$. For the experimental specimens, when the cement was substituted in 5% it reached a $F'c = 234.31 \text{ kg / cm}^2$, when the cement was substituted in 8% it achieved an $F'c = 214.92 \text{ kg / cm}^2$, finally substituting the cement in 10% A $F'c = 198.69 \text{ kg / cm}^2$ was obtained, concluding that the concrete where cement was substituted in 5% presents a higher resistance representing 111.57%, also the concrete where cement was substituted in 10% presents a lower resistance representing 94.62%, these results compared to the specific pattern.

Keywords: Strength of concrete, concrete technology, paper mud ash.

I. INTRODUCCIÓN

El concreto convencional ocupa a nivel internacional un gran porcentaje en las obras de Ingeniería Civil, uno de los elementos principales para su elaboración es el cemento, el cual para su fabricación en los inmensos hornos, demanda enormes cantidades de energía, echando todo tipo de emisiones de gases al aire, tales como, dióxido de azufre y carbono, entre otros, dicho esto se hace necesario elaborar o utilizar algunas materias primas que lo sustituyan sin hacer perder sus propiedades, teniendo en cuenta que las puzolanas otorgan las propiedades requeridas al cemento, entre ellas está la ceniza resultante de la calcinación del lodo de papel. De tal forma que se busca reutilizar residuos y crear así una propuesta de sustitución de cemento, ya que todo país en el mundo cuenta con grandes fábricas papeleras que desechan grandes proporciones de lodo de papel, así podemos darle una mejor utilización a un material que es desechable.

A nivel nacional hay una gran cantidad de empresas que trabajan en la industria papelera, entre ellas está la empresa llamada TRUPAL S.A. (Santiago de Cao – Ascope – La Libertad), la cual para producir papel aprovecha como materia prima al bagazo de la caña de azúcar, del mismo modo podemos decir que produce en promedio 250 toneladas de papel por día, dando como resultado una gran cantidad de lodo de papel, al cual no se le da ningún tipo de uso posterior.

Teniendo en cuenta que los componentes que posee el lodo de papel son similares en porcentaje a los del cemento. A nivel local se realizó ensayos a la ceniza de lodo de papel, dando como conclusiones que este material contiene Óxido de Calcio (CaO), de igual modo es el componente que predomina en su composición con un 73.272% (Hilario M., 2018, p. 33), siendo óptimo para tomarlo como un sustituto del cemento en el proceso de fabricación del concreto.

Teniendo en cuenta que el lodo de papel está siendo considerado como un material de residuo, en la presente investigación se propuso utilizar las cenizas provenientes del lodo de papel como un material de sustitución parcial del cemento, para lograr un concreto con mejorías en sus propiedades de resistencia, a su vez reducir costos y estar contribuyendo al medio ambiente.

En función a lo ya mencionado, se expone el subsiguiente **problema de investigación**: ¿Cómo influye la sustitución del cemento por ceniza de lodo de papel en 5%, 8% y 10% en la resistencia a la compresión de un concreto $F'c= 210$ kg/cm²?

Durante el tiempo los materiales empleados en el sector constructivo han evolucionado, dentro de ellos encontramos al concreto, el cual es un componente importante y fundamental en el rubro de la construcción. Asimismo, para poder generar concreto, necesitamos como componente primordial al cemento, el cual para ser obtenido necesita de grandes hornos que funcionan a altas temperaturas emitiendo grandes emisiones al aire, dicho esto, se genera una necesidad de poder encontrar diferentes sustituciones o adiciones en mezclas de concreto, teniendo en cuenta al medio ambiente y los costos generados, como también la obtención de un concreto con mejor resistencia y durabilidad.

Esta investigación fue necesaria, ya que se pudo obtener un diseño de mezcla de un concreto convencional al cual es posible realizarle adiciones, dicho esto se busca utilizar los desechos de las fábricas papeleras (lodo de papel) como material para reemplazar al cemento en la producción de un concreto convencional, el cual fue diseñado para obtener una resistencia de $F'c= 210$ kg/cm², ya que realizándole el proceso de calcinación se logra un buen nivel de Óxido de Calcio, asimismo reducir costos en los procesos constructivos, elevar la resistencia a compresión y durabilidad. Teniendo en cuenta el medio ambiente, el lodo de papel es un material que no se le da uso posterior, por eso se busca contribuir con el ambiente, utilizando dicho material que genera un costo menor en el proceso de fabricación del concreto.

La presente investigación es viable, porque se dispone con equipos de laboratorio para ejecutar los ensayos y probetas de concreto, los ensayos elaborados fueron ejecutados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto de la empresa Infraestructura, Consultoría & Soluciones S.A.C, a su vez el material a utilizar (lodo de papel) es un material de desecho que será reutilizado dándole un mejor uso.

El aporte que deja esta investigación, es proponer un nuevo material como sustituto del cemento, para poder generar un concreto normalizado y rentable para los pobladores de la ciudad de Chimbote. Finalmente este proyecto ayuda para que se siga innovando, mejorando la investigación y encontrando otros usos al lodo de papel en el rubro de la construcción.

Como **objetivo general** se plantea determinar la influencia de la sustitución del cemento por ceniza de lodo de papel en 5%, 8% y 10% en la resistencia a la compresión del concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Asimismo entre los **objetivos específicos** que se presentan en esta investigación, tenemos como primer objetivo determinar la temperatura de calcinación del lodo de papel mediante el ensayo de Análisis Térmico Diferencial (ATD). Como segundo objetivo específico se determinará la composición química de la ceniza de lodo de papel realizando el ensayo de Fluorescencia de Rayos X (FRX). Como tercer objetivo específico se determinará el grado de alcalinidad de la ceniza de lodo de papel y de las combinaciones (95% cemento y 5% ceniza de lodo de papel) (92% cemento y 8% ceniza de lodo de papel) (90% cemento y 10% ceniza de lodo de papel), efectuando la prueba de PH. Como objetivo específico número cuatro, se determinará la relación a/c de la muestra patrón y las muestras experimentales. Finalmente como último objetivo específico se determinará la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de la muestra patrón y de las muestras experimentales y posteriormente se comparará resultados.

Como **hipótesis** se plantea lo siguiente: Con la sustitución del cemento por ceniza de lodo de papel en un 5%, 8% y 10%, mejorará la resistencia a la compresión de un concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

II. MARCO TEÓRICO

En el presente trabajo de investigación el cemento será reemplazado en un 5%, 8% y 10% respectivamente por ceniza de lodo de papel, para la elaboración de un concreto cuya resistencia de diseño es de $F'c = 210\text{kg/cm}^2$, los **antecedentes científicos** encontramos se presentan a continuación.

Dreyse, M. (2016), desarrolló la investigación que tiene como título: “Factibilidad de uso de cenizas de lodos residuales provenientes de la fabricación de papel como potencial reemplazante parcial de cemento en la fabricación de hormigones”, cuyo objetivo fue analizar al lodo de papel en sus procesos de calcinación, los cuales eran necesarios para producir una ceniza que contenga buena actividad puzolánica o hidráulica, posteriormente evaluó dichos procesos para obtener un porcentaje óptimo de reemplazo al cemento para maximizar las mezclas cuando se realice el ensayo de resistencia a compresión; correspondiendo la investigación de tipo aplicada y teniendo un diseño experimental, en la cual se llegó a la conclusión que las cenizas de lodos residuales que provienen de la creación del papel, logran ser un producto viable que se puede utilizar en la industria cementera, esto es debido a que cuando se utilizan en porcentajes bajos de reemplazo para el cemento se alcanzan incrementos en la resistencia a compresión.

Rodríguez, O., Frías, M., Sánchez, M., García, R. y Vigil, R. (2009), desarrollaron un artículo de investigación titulado: “Efecto de la adición de lodos de papel activados térmicamente en las propiedades mecánicas y de porosidad de pastas de cemento”, en el cual abordan como el lodo de papel calcinado puede ser influyente en un 10% y 20%, en la evolución de la propiedad de la porosidad, asimismo en la resistencia a compresión cuando se generan renovadas matrices cementantes, dicho artículo llegó a la conclusión de que los valores de resistencia a la compresión, obtienen un aumento a corto plazo de ser elaborados, principalmente en las pastas donde contienen un 10% de material calcinado. Asimismo, se determinó que lo más eficaz con respecto a las condiciones de calcinación desde el punto puzolánico y energético son 700°C durante 2 horas.

Hilario, M. (2016), realizó una investigación con el nombre de: “Resistencia de un concreto sustituyendo al cemento en un 3% con ceniza de lodo de papel”, en la cual el objetivo fue de comparar resistencias a la compresión, que se obtuvieron de un concreto patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y un concreto experimental reemplazando al cemento en un 3% por ceniza de lodo de papel, siendo dicha investigación de tipo aplicada con diseño experimental, en la que se concluyó de que cuando la ceniza de lodo de papel se logra activar térmicamente, en su composición química se logra presenciar significativos porcentajes de silicio, aluminio y calcio, gracias a esto se le logra considerar un material cementante, como también cuando en el diseño de mezcla del concreto se sustituye al cemento en un 3% , se sobrepasa en un 37.43% la resistencia a la compresión al concreto patrón en 28 días.

La tecnología del concreto es definida en la ingeniería como la línea que contiene conocimientos científicos, los cuales están destinados al concreto en la construcción, así como también a la utilización técnica, eficaz y en campo que contiene el concreto en el rubro de la construcción. Asimismo, otorga conocimientos teóricos básicos y la aplicación práctica que permiten la correcta utilización del concreto. (García J., 2013).

Asimismo, en la tecnología del concreto los procesos que contiene el concreto, los cuales primero se presenta su fabricación, luego de esto es colocado, posteriormente curado, para que finalmente se le realice mantenimiento; así como también cada componente que actúa, constituyen estudios que se le tienen que realizar para lograr control sobre estos para que así el concreto pueda desarrollarse de manera eficaz en todas las aplicaciones que se requieran. (García J., 2013).

El concreto de acuerdo a Rivva, E. (2005), sostiene que el concreto se define al material heterogéneo de la construcción, compuesto por la mezcla de cemento, agregados para la construcción y agua, del mismo modo, contiene un volumen de aire atrapado, a su vez mediante la utilización de aditivos puede contener aire incorporado. (p. 9).

El concreto es definido como la combinación de agregados y materiales aglomerantes, en la estructura que presenta un concreto convencional habitualmente se utiliza como material aglomerante al cemento Portland y al agua, además puede estar formado por puzolanas, escorias y/o aditivos químicos. (Norma Técnica Peruana [NTP] 339.047, 2006, p. 6).

Según Abanto, F. (2009) nos detalla que el concreto es muy propicio para elementos sometidos a cargas, esto es gracias a la elevada resistencia a la compresión que presenta, a su vez presenta una elevada resistencia al fuego, así como también cuando entra en contacto con el agua, también cuando mantiene una consistencia plástica, presenta una facilidad al colocarse dentro de las estructuras de diversas formas. (p. 11).

Teniendo en cuenta las propiedades que ostenta el concreto, es importante decir que se define como un concreto de buena calidad, al concreto que logra satisfacer de manera eficaz las exigencias de trabajabilidad, colocación, compactación, resistencia, durabilidad y economía. (García J., 2013).

El concreto está formado por los siguientes componentes; cemento, agua y agregados para la construcción (arena, piedra) que obtiene un comportamiento plástico y moldeable, el cual con el pasar del tiempo logra obtener un estado endurecido y resistente, a continuación se fundamentará teóricamente sobre cada componente.

Se define como cemento al material de construcción que está formado por una sustancia en polvo, el cual posee la propiedad que cuando es mezclado con una porción necesaria de agua, se constituye una masa conglomerante, la cual tiene como propiedad el endurecimiento, el proceso de endurecimiento se desarrolla en contacto con el aire o con el agua. (NTP 334.001, 2001, p. 6).

El cemento portland es definido como un material aglomerante constituido en el proceso donde se pulveriza el clinker de portland, los silicatos de calcio hidráulico forma principalmente al clinker de portland, asimismo está compuesto primordialmente de sulfato de calcio, el cual está presente en una de sus formas, como también utiliza a la caliza como adición. (NTP 334.009, 2013, p. 5).

En la composición del cemento también se encuentran los silicatos, los cuales no están definidos como compuestos puros, esto es debido a que están constituidos por óxidos en soluciones sólidas y son encontrados en pequeñas cantidades. (Rivera G., 2002, p. 24).

Tabla 1

Límites de composición química del Cemento Portland

COMPUESTO	NOMBRE	CANTIDAD (%)
CaO	Oxi. de Calcio	60 – 67
SiO ₂	Oxi. de Silicio	17 – 25
Al ₂ O ₃	Oxi. de Aluminio	3 – 8
Fe ₂ O ₃	Oxi. de Fierro	0.5 – 6
MgO	Oxi. de Magnesio	0.1 – 4
SO ₃	Oxi. de Azufre	1 – 3
K ₂ O y Na ₂ O	Álcalis	0.2 – 1.3

Nota. Adaptado de Concreto Simple. (p. 23), por Rivera G., (2002).

De acuerdo a Rivera, G. (2002) los óxidos tiene efectos primordiales en las propiedades hidráulicas de los silicatos, los cuales son los siguientes:

Silicato Dicálcico (C2S): Otorga en gran porcentaje el aumento de resistencias a edades mayores a siete días.

Silicato Tricálcico (C3S): Otorga endurecimiento de manera rápida, asimismo es uno de los factores que permite que el concreto logre el fraguado inicial.

Aluminato Tricálcico (C3A): Brinda una liberación de calor en grandes cantidades, todo este proceso se realiza en los días iniciales de la etapa de endurecimiento.

Alumino-Ferrito Tetracálcico (C4AF): Otorga la reducción de temperatura de calcinación y la hidratación a gran rapidez, en el proceso de fabricación del cemento. (p.24)

Rivera, G. (2002), sostiene que cuando los contenidos de los óxidos anteriormente mencionados se alteran, las propiedades del cemento Portland se modifican, teniendo en cuenta este proceso se procede a la fabricación de diferentes tipos de cemento portland con el objetivo de cumplir con propiedades tanto físicas, así como químicas en las diferentes condiciones especiales. (p. 25).

A continuación, se muestran los tipos de cemento portland que existen:

Tipo I: Es una clase de cemento que está propuesto para las obras de construcción donde se requiera concreto en general, en las cuales no es necesario cumplir con propiedades especiales, es decir no presenta especificaciones de un concreto en particular. (NTP 334.009, 2013, p. 1).

Este tipo de cemento también es caracterizado por lograr obtener altas resistencias en todas sus edades y una alta generación de calor durante su hidratación, también un buen diseño correcto de concreto utilizando este cemento garantiza lograr un mínimo tiempo de desencofrado.

Tipo II: Es un tipo de cemento que esta propuesto para un uso en obras de concreto en general, particularmente cuando se requiere alcanzar un concreto con resistencia moderada contra los sulfatos, a su vez cuando requiera un moderado calor de hidratación. (NTP 334.009, 2013, p. 1).

Tipo III: Es un tipo de cemento que logra una alta resistencia inicial, tiende a originar un concreto que obtiene una resistencia a la compresión en 72 horas, igual a la que desarrolla un concreto en 28 días que es elaborado por cementos tipo II o un cemento tipo I. (NTP 334.009, 2013, p. 1).

Tipo IV: Este tipo de cemento esta propuesto cuando se requiere lograr un valor bajo con respecto al calor de hidratación. (NTP 334.009, 2013, p. 1).

Tipo V: Este tipo de cemento contiene altas resistencias a los efectos que generan los sulfatos. Es aplicado en estructuras que están expuestas al agua de mar, asimismo a las estructuras hidráulicas. (NTP 334.009, 2013, p. 1).

Tabla 2*Composición Química del Cemento Portland Tipo I – Pacasmayo*

COMPUESTO	NOMBRE	PORCENTAJE (%)
CaO	Oxi. de Calcio	63.02
SiO ₂	Oxi. de Silicio	19.50
Al ₂ O ₃	Oxi. de Aluminio	6.20
Fe ₂ O ₃	Oxi. de Hierro	3.30
K ₂ O	Oxi. de Potasio	0.70
Na ₂ O	Oxi. de Sodio	0.26
SO ₃	Oxi. de Azufre	2.50
MgO	Oxi. de Magnesio	2.13
	Cal libre	1.20
P.F.	Perdida al Fuego	2.30
R.I.	Residuo Insoluble	0.50
C ₃ S	Silicato Tricálcico	54.85
C ₂ S	Silicato Dicálcico	14.52
C ₃ A	Aluminato Tricálcico	10.85
C ₄ AF	Alumino-Ferrito Tetracálcico	10.03

Nota. Adaptado de Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú. (p. 51), por Pasquel E., (1998).

De acuerdo a Rivera, G. (2002) detalla que entre las propiedades del cemento se encuentran la densidad, fraguado, consistencia nominal, finura, estabilidad volumétrica, resistencia, calor de hidratación y el falso fraguado. (p. 26).

Según Abanto, F. (2009) determina que el cemento portland presenta la característica de ser un polvo que contiene un color gris y verdoso, asimismo es distribuido en bolsas de capacidad de un pie cúbico, con peso de 42.5 kg. (p. 16).

El agregado para la construcción es definido como el grupo de partículas que tienen un origen de forma natural o artificial, asimismo pueden conseguir ser tratadas o generadas, también se les denomina áridos. (NTP 400.037, 2014, p. 6).

Los agregados constituyen cerca del 75% del volumen total que presenta el concreto, el volumen faltante está compuesto por la pasta endurecida del cemento, agua sin combinar y burbujas de aire. (Proaño M., 2013, p. 6).

Los agregados para la construcción según su creación se agrupan en:

Agregados naturales: Los cuales son generados de la utilización de fuentes naturales, las partículas que provienen de este tipo de agregado son creados y formados en una masa superior, esta masa es fragmentada por procesos realizados naturalmente o mecánicamente. Las propiedades que adquieren los agregados naturales son proveídas por la roca madre o la masa superior que realizó su creación. (Rivera G., 2002, p. 42).

Agregados artificiales: Esta clase de agregados son generados mediante distintos procesos industriales, estos pueden arcillas expandidas, clinker, escorias de alto horno, etc. La creación de este tipo de agregado se realiza para satisfacer ciertas propiedades en la formación del concreto. (Rivera G., 2002, p. 45).

El agregado fino es aquel que resulta de la descomposición tanto de forma natural, como de forma artificial, este agregado logra pasar por el tamiz de abertura de 9.5mm (3/8”) y que es retenido en el tamiz N°200. Asimismo debe concretar los requisitos planteados por la NTP 400.037(NTP 400.037, 2014, p. 6).

El agregado grueso es el tipo de agregado consecuente de la desintegración de la roca tanto de forma natural como de forma mecánica, el cual es retenido en el tamiz estandarizado (N°4). (NTP 400.037, 2014, p. 6). De la misma forma que el agregado fino, el agregado grueso deberá concretar los requisitos descritos en la NTP 400.037.

Pasquel, E. (1998), menciona que el factor principal en la etapa de la elaboración del concreto es el agua, ya que gracias a este componente se logra que el cemento lleve a cabo la ejecución de sus propiedades como su capacidad ligante y logre su hidratación. El agua debe cumplir requisitos para que el concreto logre una buena resistencia, trabajabilidad, endurecimiento, se puede decir que es fundamental que se usen tanto el cemento como el agua en cantidades apropiadas para lograr excelentes resultados. (p. 59).

Cuando se realiza la elaboración del concreto, el agua que será utilizada en este proceso tiene que estar limpia, es decir no debe tener cantidades de sustancias dañinas, tanto ácidos, sales, aceites, álcalis entre distintas sustancias que logren afectar tanto al concreto como al acero. (Abanto F., 2009, p. 21).

Según Rivera, G. (2002) afirma que el agua utilizada en la mezcla tiene dos misiones muy vitales, la primera es reaccionar con el cemento para lograr la hidratación del cemento y la segunda es actuar como lubricante para lograr manejabilidad en la mezcla. (p. 77).

En el aspecto de la calidad que debe poseer el agua de mezcla, no existe un patrón establecido en lo que corresponde a su composición química, ya que inclusive para la elaboración del concreto se pueden utilizar aguas que no son idóneas para el consumo humano, esto depende a las propiedades de los otros elementos. Si el agua de mezclado presenta cantidades excesivas de impurezas, puede generar los efectos de retardar el endurecimiento del concreto, la reducción de la resistencia, eflorescencias, cuando el concreto logra endurecer se presentan manchas, en el futuro el acero se corroe en un concreto armado, entre otros. (Pasquel E., 1998, p. 60).

Tabla 3

Límites para Agua de Mezcla y de Curado

Descripción	Límite Permisible Máximo
Sulfatos	300 ppm
Cloruros	300 ppm
Sales de Magnesio	150 ppm
Sales Solubles	1500 ppm
P.H.	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia Orgánica	10 ppm

Nota. Adaptado de Tecnología del Concreto (Teoría y Problemas). (p. 21), por Abanto F., (2009).

Filler de machaqueo: En este tipo de adición, se emplean elementos que amplían la cantidad de finos (polvo), tales como la piedra caliza, dolomita o el granito triturada fina, de tales caso la porción menor a 0.150 mm es la más beneficiosa. (González et al., 2005, p. 122).

Cenizas volantes: Son materiales inorgánicos finos con propiedades puzolánicas, las cuales pueden añadirse al concreto para mejorar sus propiedades. (González et al., 2005, p. 122).

Microsílice: También llamado humo de sílice mejora las cualidades químicas, mecánicas y reológicas, así como también la durabilidad del concreto (González et al., 2005, p. 122).

Escoria pulverizada (granulada) de alto horno: Ayudan a optimar las propiedades reológicas del concreto, esto es gracias a que es un material aglomerante hidráulico latente y granulado fino. (González et al., 2005, p. 122).

Relleno de vidrio pulverizado: Para este tipo de adición el tamaño de la partícula debe ser menor a 0,1 mm y su área de superficie específica debe ser menor a 2500 cm²/g, las partículas que no cumplan con estos requisitos pueden ocasionar una reacción árido – álcali. (González et al., 2005, p. 122).

La puzolana es definida como un material que posee un valor cementante mínimo o nulo, asimismo es silíceo y aluminoso o simplemente silíceo. Las puzolanas deben elaborarse siendo seleccionadas homogenizadas, secadas o pulverizadas, esto depende de su origen. (ASTM C 618, 2019).

Entre los tipos de puzolanas tenemos a la puzolana natural, la cual es de origen volcánico o de rocas sedimentarias; asimismo encontramos la puzolana artificial la cual es lograda gracias a la calcinación. (ASTM C 618, 2019).

La ceniza de lodo de papel es considerada como puzolana artificial, esto se debe a que se obtiene al activar el lodo de papel por el proceso de calcinación, asimismo contiene silicio y aluminio. Para obtener el lodo de papel, se procedió a visitar la empresa Trupal S.A. que se ubica en la Región de La Libertad, Provincia de Ascope- Distrito de Santiago de Cao, esto es debido a que en el Perú, la empresa Trupal S.A. es una de las pocas empresas papeleras que para la elaboración del papel, utilizan al bagazo de caña de azúcar como materia prima.

El papel elaborado por la empresa Trupal S.A. contiene un 75% de pasta de bagazo y un 25% de pasta de cartón reciclado, asimismo gracias a la pulpa que contiene el bagazo que conforma la caña de azúcar se logran generar lodos de papel, todo esto es posterior a cierto proceso. (Hilario M., 2018, p. 16).

Según Hilario, M, (2018) afirma que la empresa Trupal S.A. fue inaugurado el 27 de Noviembre de 1968, luego desde el 17 de Febrero del 2006 se agrupó al Grupo Gloria, asimismo a nivel nacional es una de las empresas con una participación significativa en el rubro de fabricación de papel-cartón. (p. 16).

En la empresa Trupal S.A. se producen Papel Truapk Extensible, Papel Medium Super Flute, Papel Kraft y el Cartón Liner.

En lo relacionado a los desechos que provienen por empresas dedicadas a la producción de papel, en comparación con otros desechos, brindan propiedades de resistencia al utilizarlas en el concreto, ya que luego de elaborarse el papel, estos desechos se unen, se homogenizan y se colocan en un proceso de secado para finalmente almacenarse en grandes bloques. (ASPAPPEL, 2008).

El destino final que dan a los desechos de las fabricas papeleras, un 48% termina en el vertedero, el 28% es dirigido al sector agrícola, un 13% al sector cerámico, un 7% al sector cementero y un 6% al compostaje. (ASPAPPEL, 2008).

Tabla 4*Composición Química del Lodo de Papel*

COMPOSICIÓN QUÍMICA	%
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	69.341
Trióxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	15.220
Óxido de Calcio (CaO)	4.938
Trióxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	5.865
Oxido de Potasio (K ₂ O)	2.470

Nota. Adaptado de Resistencia de un concreto con cemento sustituido parcialmente por lodo de papel y concha de abanico. (p. 31), por Hilario M., (2018).

Tabla 5*Características Químicas del Lodo de Papel*

Oxidos	Lodo de Partida (%)	Muestra 1 (%)	Muestra 2 (%)	Muestra 3 (%)	Muestra 4 (%)	Muestra 5 (%)
SiO ₂	18.01	30.2	33.4	34.9	34.7	35.7
Al ₂ O ₃	10.14	18	19.5	20.2	20.2	20.5
Fe ₂ O ₃	0.55	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8
CaO	19.82	31.4	32.2	32.7	33.2	33.5
MgO	2.58	3.7	4.3	4.4	4.3	4.6
SO ₃	0.33	0.27	0.2	0.31	0.5	0.31
K ₂ O	0.21	0.32	0.29	0.32	0.32	0.33
Na ₂ O	0.25	0.21	0.16	0.19	0.19	0.2
TiO ₂	0.26	0.35	0.39	0.38	0.39	0.4
P ₂ O ₅	0.1	0.19	0.14	0.15	0.16	0.16
C ₁	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
P.P.C.	47.62	14.53	8.49	5.47	5.13	3.42

Nota. Adaptado de Efecto de la adición de lodos de papel activados térmicamente en las propiedades mecánicas y de porosidad de pastas de cemento (p.44), por Rodríguez, Frías, Sánchez, García y Vigil, (2009).

La granulometría es la característica que consiste en dividir la muestra de agregado, de manera encadenada por tamices graduados en forma descendente en tamaño con respecto a su abertura, este proceso logra determinar las partículas del agregado depende a su tamaño. El menor tamiz por donde la muestra atraviesa en su totalidad es considerado como el tamaño máximo; asimismo el menor tamiz donde el agregado grueso origina su primera retención es denominado como tamaño máximo nominal. (NTP 400.012, 2001, p. 3).

Tabla 6

Límites de Granulometría para el A. Fino

TAMIZ	TOTAL QUE PASA (%)
3/8 " (9,5 mm)	100
Nº. 4 (4,75 mm)	95 a 100
Nº. 8 (2,36 mm)	80 a 100
Nº. 16 (1,18 mm)	50 a 85
Nº. 30 (600 µm)	25 a 60
Nº. 50 (300 µm)	10 a 30
Nº. 100 (150 µm)	2 a 10

Nota. Adaptado de Agregados, especificaciones normalizadas para agregados en concreto (p. 8), por Norma Técnica Peruana 400.037, (2014).

Tabla 7

Límites de Granulometría para el A. Grueso

TAMIZ	TOTAL QUE PASA (%)
2"	100
1 ½"	95 a 100
1"	90 a 95
¾"	70 a 90
½"	50 a 70
3/8"	30 a 50
Nº4	10 a 30
Nº 8	0 a 10

Nota. Adaptado de Concreto Simple (p. 61), por Rivera G., (2002).

A continuación del proceso de granulometría de los agregados se establece el módulo de finura, el cual determina el grosor predominante de sus partículas, para poder hallarlo se tiene que adicionar los porcentajes que fueron retenidos acumulados en el proceso de granulometría para luego dividir dicha adición entre 100. (Abanto F., 2009, p. 60).

Para el agregado fino, los valores del módulo de finura, deben sobrepasar a 2.3 y debe ser inferiores a 3.1.

$$Mf_{a.fino} = [\% \text{ retenido acumulado malla (N}^\circ 4, \text{N}^\circ 8, \text{N}^\circ 16, \text{N}^\circ 30, \text{N}^\circ 50, \text{N}^\circ 100)] / 100$$

$$Mf_{a.grueso} = [\% \text{ retenido acumulado malla (3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N}^\circ 4) + 500] / 100$$

El peso específico es la característica de los agregados indica la calidad de estos, los cuales si se encuentran entre 2.5 a 2.8 son agregados de buena calidad, si no estuvieran en el rango, significa que son de mala calidad presentando algunos problemas como la porosidad, debilidad y poseen mayor cantidad de agua. (NTP 400.022, 2013, p, 4).

La característica del peso específico aparente y relativo, logran que el material no incluya un espacio poroso, el cual sería accesible por el agua. (MTC E 205, 2016, p. 309).

Tabla 8

Fórmulas de Peso Específico para los agregados

CARACTERISTICA DEL AGREGADO	FORMULA
Peso Específico	A / B
Peso Específico de Masa Saturada	C / B
Peso Específico Aparente	A / D

Nota. Adaptado de Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. (p. 12), por Norma Técnica Peruana 400.022, (2013).

Dónde:

A= Peso del material seco en estufa.

B= Suma del volumen de vacíos y el volumen de masa.

C= Peso del material saturado sup. seco (aire).

D= Volumen de masa.

Debido a la característica de la gravedad específica se halla el volumen que abarca el agregado en las mezclas de concreto, además en diferentes mezclas que se analizan en función al volumen. Asimismo se utiliza para hallar el cálculo de vacíos de los agregados. (MTC E 205, 2016, p. 309).

El proceso donde el agua atraviesa los poros que presentan los agregados en sus partículas, todo ello a lo largo de un periodo de tiempo, es denominado absorción, esta característica permite al agregado aumentar su masa; en este proceso no se incluye el agua que es fijada en la superficie externa de las partículas. (NTP 400.022, 2013, p. 5).

Para determinar el cambio que sufre la masa de los agregados a causa de la acción del agua que es absorbida en los poros que presentan los agregados, es necesario calcular los valores de absorción. (MTC E 205, 2016, p. 309).

$$\text{Abs} = [(A - B) / B] \times 100$$

Dónde:

Abs= Porcentaje de Absorción.

A= Peso de material saturado sup. seco (aire).

B= Peso de material seco en estufa.

El contenido de humedad es la característica que indica el valor de agua que abarca el agregado en su estado natural. Cuando el calor logra alterar al agregado, en esos casos se tendrá que usar un horno para lograr una temperatura moderada, dicho esto cuando el agregado grueso presenta partículas grandes se deberán tener un tiempo mayor de secado. (NTP 339.185, 2013, p. 3).

$$w (\%) = [(Ph - Ps) / Ps] \times 100$$

Dónde:

w= Contenido de Humedad.

Ps= Peso de la muestra luego del proceso de secado en el horno (gr).

Ph= Peso de la muestra húmeda (gr)

El peso unitario es la característica que se refiere al proceso donde el peso que contiene la muestra seca logra abarcar un determinado volumen calculado; su unidad de medida es dada en kg/m³. Para los agregados que se utilizan en el concreto se les determina el Peso Unitario Compactado (PUC) y el Peso Unitario Suelto (PUS). (NTP 400.017, 2011).

El ensayo del Peso Unitario, contribuirá a determinar la relación de la masa entre el volumen, asimismo para determinar el valor que será utilizado en los métodos de diseño de mezcla de concreto. (MTC E 203, 2016, p. 298).

$$A/B = PUC = PUS$$

Dónde:

A= Peso de la muestra.

B= Volumen conocido del molde.

De acuerdo a Hilario, M. (2018) determina que el primer estado del concreto es el estado fresco, en el cual el concreto es flexible y puede desempeñarse o moldearse en distintas siluetas de encofrado, conservándose durante el proceso de colocación y compactación. Posteriormente posee un estado fraguado, en este estado el concreto empieza a obtener una rigidez mayor. Finalmente el concreto obtiene un estado endurecido, en esta etapa el concreto logra su resistencia y durabilidad. (p. 6).

La trabajabilidad y la cohesividad son las propiedades fundamentales que se presentan cuando el concreto se encuentra en estado fresco.

La propiedad que ayuda a determinar cuanta capacidad posee el concreto para lograr ser mezclado, instalado, compactado y terminado sin segregación ni exudación alguna a lo largo de la ejecución de estos procesos, es denominada trabajabilidad. Generalmente en los ensayos de consistencia es apreciada esta propiedad. (Abanto F., 2009, p. 47).

La cohesividad es la propiedad es definida como la propiedad que permite monitorizar la probabilidad de segregación a lo largo de la etapa de manejo de la mezcla, asimismo previene la aspereza de la mezcla, finalmente durante el proceso de compactación facilita el manejo de la mezcla. (Hilario M., 2018, p. 6).

Cuando el concreto se sitúa en un estado endurecido, las propiedades fundamentales que se presentan son la resistencia y la durabilidad.

La propiedad de resistencia mecánica a la compresión es la facultad que contiene el concreto en su estado endurecido de resistir cargas de compresión, asimismo se utilizan probetas a las cuales se le aplica una carga axial hasta que presente fallas. (MTC E 704, 2016, p. 789).

El proceso de curado es un factor indirecto importante, por lo que comprende en el complemento del proceso de hidratación del concreto. (NTP 339.034, 2009).

Cuando el concreto ostenta contacto con la intemperie y productos químicos, presenta desgaste; presenta una capacidad de resistencia, la cual es denominada durabilidad, asimismo los daños por intemperie experimentados por el concreto son desarrollados por la congelación y descongelación. (Abanto F., 2009, p. 57).

El ensayo del asentamiento del concreto (SLUMP) se lleva a cabo al concreto en su estado fresco, sirve para establecer el asentamiento del concreto. (NTP 339.035, 2009, p. 2).

El ensayo de asentamiento del concreto radica en formar una muestra de concreto fresco en un molde troncocónico (Cono de Abrams), calculando el asentamiento que obtiene después de retirar el molde. (Abanto F., 2009, p. 47).

Este ensayo se efectúa utilizando el equipo denominado Cono de Abrams y una varilla de acero liso, la cual servirá para compactar el concreto. El procedimiento del ensayo es el siguiente:

En primer lugar se ubica el molde sobre un área uniforme y humedecida, se pisan las aletas del molde para mantenerlo inmóvil. Posterior a esto se coloca una capa de concreto hasta llegar a la tercera parte del volumen del molde (Cono de Abrams), se apisona con la varilla de acero efectuando un total de 25 golpes de manera uniforme. Luego se realiza el mismo procedimiento para las dos capas siguientes, tanto para los 2/3 y para el llenado total del molde, en la capa final se tiene que llenar en excedencia para después realizar el enrasado. Luego se separa el molde con mucho cuidado, finalmente se mide la desigualdad entre la elevación del molde y la mezcla fresca. (Abanto F., 2009, p. 48).

Tabla 9

Clases de mezclas según su asentamiento

CONSISTENCIA	SLUMP	TRABAJABILIDAD	COMPACTACION
Seca	0" a 2"	Poco Trabajable	Vibración normal
Plástica	3" a 4"	Trabajable	Vibración ligera chuseada
Fluida	Mayor a 5"	Muy Trabajable	Chuseado

Nota. Adaptado de Tecnología del Concreto (Teoría y Problemas). (p. 49), por Abanto F., (2009).

El ensayo de resistencia que presenta el concreto en estado endurecido a la compresión, se basa en atribuir una carga axial de compresión hasta presentar una falla, se expresa en kg/cm², podemos decir que cuando la carga soportada por la probeta es dividida entre su área, podemos hallar el valor de la resistencia a la compresión, se llevara a cabo a los 7, 14 y 28 días de curado, con el mínimo de 3 muestras para poder conseguir una resistencia promedio. (NTP 339.034, 2009).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

En la presente investigación, el tipo de investigación fue aplicada y explicativa, ya que gracias a los resultados obtenidos se estará explicando el cambio o variación que sufre la resistencia a la compresión de un concreto $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ cuando el cemento es sustituido en 5%, 8% y 10% respectivamente por ceniza de lodo de papel.

Enfoque de investigación

En la presente investigación se realizó el estudio de las variables planteadas, así como sus indicadores respectivos de manera objetiva, evaluando y registrando valores obtenidos con la utilización de los instrumentos de recolección de datos; dicho todo esto el enfoque que presenta esta investigación es un enfoque cuantitativo.

Las investigaciones de enfoque cuantitativo, manejan un formato patrón con pequeñas variaciones, con el cual se genera una hipótesis que puede tener una aprobación o rechazo. Dicha hipótesis tiene que estar demostrada por procedimientos estadísticos y matemáticos.

Diseño de investigación

La presente investigación desarrolló un diseño experimental, asimismo presenta un nivel cuasi experimental, porque evaluaremos dos grupos mediante ensayos de laboratorio, donde se obtendrán los resultados para cada grupo, el grupo control será el grupo compuesto por el concreto con resistencia diseño de $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$, mientras que el grupo experimental estará compuesto por el concreto donde el cemento será sustituido por ceniza de lodo de papel en 5%, 8% y 10% respectivamente, todo ello con el propósito de aumentar la resistencia del concreto. La investigación tendrá una gran parte de ejecución en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto de la empresa Infraestructura, Consultoría & Soluciones S.A.C, donde se realizará los ensayos para conseguir resultados.

Tabla 10*Bloque por investigar – Tiempo y Diseño*

DÍAS DE CURADO	PROBETAS PATRÓN	PROBETAS EXPERIMENTALES		
		5%	8%	10%
7	P - 1	P - 1	P - 1	P - 1
				
	P - 2	P - 2	P - 2	P - 2
				
14	P - 3	P - 3	P - 3	P - 3
				
	P - 4	P - 4	P - 4	P - 4
				
28	P - 5	P - 5	P - 5	P - 5
				
	P - 6	P - 6	P - 6	P - 6
				
28	P - 7	P - 7	P - 7	P - 7
				
	P - 8	P - 8	P - 8	P - 8
				
28	P - 9	P - 9	P - 9	P - 9
				

Nota. Elaboración Propia (2021).

El siguiente esquema corresponde al diseño de investigación.

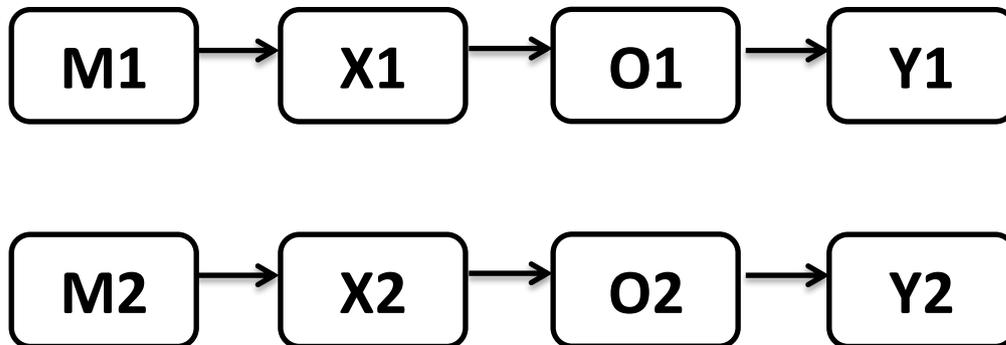


Figura 1. Esquema de Investigación

Nota. Elaboración Propia (2021).

Dónde:

- M1 = Grupo Control (Probetas de Concreto $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$).
- M2 = Grupo Experimental (Probetas de Concreto $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo al cemento en un 5%, 8% y 10% por ceniza de lodo de papel).
- X1 = Variable independiente (Componentes de diseño de mezcla).
- X2 = Variable independiente (Componentes de diseño de mezcla sustituyendo ceniza de lodo de papel por cemento en un 5%, 8% y 10%).
- O1 = Posibles resultados de obtenerse en el grupo patrón.
- O2 = Posibles resultados de obtenerse en el grupo experimental.
- Y1 = Variable dependiente (Resistencia a la compresión del concreto $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$).
- Y2 = Variable dependiente (Resistencia a la compresión del concreto sustituyendo ceniza de lodo de papel por cemento en un 5%, 8% y 10%).

3.2. Variables y operacionalización

VARIABLE DEPENDIENTE

Tabla 11

Variable Dependiente

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICA- DOR
Resistencia a la compresión del concreto.	Cuando el concreto presenta su estado endurecido se logra esta propiedad, la cual es la capacidad que presenta el concreto para resistir cargas de compresión, asimismo se utilizan probetas a las cuales se le aplica una carga axial hasta que se presente fallas. (MTC E 704, 2016, p. 789).	En primer lugar se asigna una carga axial de compresión a las probetas, este proceso se ejecuta a una marcha estandarizada en un rango, todo ello hasta la presencia de una falla. Para calcular el valor de la resistencia, se debe dividir la carga máxima aplicada, entre el área donde se realizó el contacto. (NTP 339.034, 2009).	Carga Axial Área de Contacto	Kg/cm^2

Nota. Elaboración propia (2021).

VARIABLE INDEPENDIENTE

Tabla 12

Variable Independiente

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICA- DOR
Dosificaciones de la ceniza de lodo de papel sustituyendo al cemento.	La agrupación práctica y ahorrativa de agregados, cemento y agua es definida como dosificación de la mezcla de concreto, la cual requiere adquirir una manejabilidad, que al momento de endurecer posee resistencia y durabilidad. (Rivera G., 2002, p. 169).	Es aquella mezcla de concreto, donde la ceniza de lodo de papel en proporciones de 5%, 8% y 10% sustituirá al cemento, de acuerdo a las normas establecidas para la elaboración del concreto, Norma MTC E 702.	Porcentaje de ceniza de lodo de papel.	5% 8% 10%

Nota. Elaboración Propia (2021).

3.3. Población y muestra

Población

La población utilizada en la presente investigación estuvo integrada por el grupo de probetas, que contienen un diseño de concreto idóneo para concretar las condiciones indicadas en el reglamento N.T.P. para resistencias $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Muestra

La muestra estuvo compuesta por 36 probetas o testigos de concreto con diseño $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ divididos en 4 grupos (9 probetas para un concreto patrón, 9 probetas donde el cemento será reemplazado en 5% por ceniza de lodo de papel, 9 probetas para 8% de reemplazo, 9 probetas para el 10% de sustitución del cemento).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica e Instrumento de Investigación.

Se desarrolló la observación científica como técnica de investigación, debido a que con ella podemos apreciar, ver u analizar un objeto de estudio o una situación determinada, con la ayuda de las fichas técnicas de laboratorio referidas a los ensayos que se realizarán a los agregados, concreto patrón y concreto experimental.

La observación científica tiene como instrumento a la guía de observación para poder evidenciar y hacer la toma de datos gracias a fichas técnicas para los ensayos realizados en laboratorio

Tabla 13

Métodos o Técnicas del Proyecto

MÉTODO O TÉCNICA	INSTRUMENTO	ÁMBITO DEL PROYECTO
Observación Científica	<ul style="list-style-type: none">• Guía de Observación.• Fichas de Laboratorio referidos a:<ul style="list-style-type: none">Ensayo de Análisis Térmico Dinámico.Ensayo de Fluorescencia de Rayos X.Ensayo de PH.Ensayo de Resistencia a la Compresión.	<ul style="list-style-type: none">• Grupo Patrón (9 probetas de concreto convencional $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$).• Grupo Experimental (9 probetas de concreto $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo al cemento por ceniza de lodo de papel en 5%, 8% y 10%).

Nota. Elaboración Propia (2021).

3.5. Procedimientos

En primer lugar, para el elemento que se utilizará como sustitución del cemento, el cual es la ceniza de lodo de papel se hizo lo siguiente. El lodo de papel fue recolectado en la empresa Trupal S.A. que esta situada en Santiago de Cao – Trujillo – La Libertad, esta empresa se encuentra en las coordenadas 762220.83 mE. 8999765.11 mS, Zona 17L. Posteriormente se coordinó con el personal encargado de la empresa Trupal S.A. , y se realizó la extracción de un total de 68 kg, los cuales fueron almacenados en 3 sacos, el material extraído se encontraba ubicado en grandes almacenamientos expuestos a la intemperie, en estado semi seco, y presentaba un color amarillento.

Para el proceso de secado, luego de haber extraído el material, el lodo de papel fue ubicado en un sitio en el cual entró en contacto directo con los rayos emitidos por el sol por 5 días, presentando una temperatura ambiente alrededor de los 22°C, se colocaba en contacto con los rayos del sol desde las 7:30 am a 6:00 pm, en el horario restante se almacenaba el material en un cuarto donde no pasaba la humedad de la noche. Luego de haber terminado el proceso de secado, se realizó un pre quemado del lodo de papel, para esta actividad se utilizó vasijas de arcillas, mechero de cocina y una varilla de acero limpia para poder mover el material dentro de las vasijas en el momento en llamas, el color que obtuvo la ceniza pre quemada fue un color negruzco que posteriormente a través del tiempo se convertía en un color plomo.

Una vez obtenida la ceniza pre quemada de lodo de papel se le efectuó el ensayo de A.T.D., el cual establecerá los niveles de temperatura que causarán modificaciones estructurales en la composición de la ceniza de lodo de papel, el ensayo de A.T.D. fue ejecutado en el Laboratorio de Polímeros – Pabellón Ing. de los Materiales – Universidad Nacional de Trujillo. Mientras que la calcinación fue realizada en el Laboratorio de Cerámicos de la Universidad Nacional de Trujillo, el proceso de calcinación concurrió durante 2 horas a una temperatura de 700°C.

Luego de contar con la ceniza de lodo de papel, se le efectuó el proceso de tamizado, primero por la malla N°80, para que finalmente se pase por la malla N° 200, para que así se logre alcanzar un tamaño igual a las partículas del cemento (75 μ m), finalmente se obtuvo el material que sustituirá al cemento (ceniza de lodo de papel). Posteriormente se le realizó el ensayo de Fluorescencia de Rayos X, esto ayudará a saber la composición química de la ceniza de lodo de papel utilizada en la investigación. El ensayo se realizó en la Universidad Nacional de Ingeniería. Finalmente se ejecutó el ensayo de PH, gracias a este ensayo se determinará para la ceniza de lodo de papel su acidez o alcalinidad, el ensayo de PH se realizó en el laboratorio COLECBI, situado en Nuevo Chimbote.

Asimismo, donde fueron extraídos los agregados para la siguiente investigación fue la Cantera Rubén, la cual está ubicada en Chimbote – Santa – Ancash, teniendo su acceso por la Panamericana Norte con desviación hacia el lado izquierdo, aproximadamente a 3 km antes de llegar al túnel de Coishco. Mientras que para lograr elaborar el diseño de mezcla de la presente investigación, se ejecutaron ensayos en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto de la empresa Infraestructura, Consultoría & Soluciones S.A.C, dichos ensayos ayudaron a determinar y conocer las propiedades físicas que presentan los agregados a utilizar.

El diseño de mezcla tanto para el concreto patrón como para los concretos experimentales, se realizaron mediante el método del ACI – módulo de fineza, así como también se proporcionará la relación a/c de la muestra patrón y las muestras experimentales

Finalmente, se produjeron 9 probetas para la muestra patrón y 9 probetas para la muestra experimental para la sustitución del 5%, 8% y 10% del cemento, para posteriormente todas ellas serán sometidas al ensayo de resistencia a la compresión luego de tener un curado de 7, 14 y 28 días respectivamente.

3.6. Método de análisis de datos

En la presente investigación, luego de la realización de los ensayos de laboratorio respectivos, se realizó el procesamiento de datos, lo cual fue mediante el programa Microsoft Excel, asimismo se utilizarán gráficos, porcentajes, promedios y tablas para poder realizar el análisis de datos.

3.7. Aspectos éticos

En la actual investigación, todos los resultados alcanzados fueron claros y veraces, garantizando un trabajo transparente en base a la información recolectada, así como los resultados obtenidos en el desarrollo. También se elaboró esta investigación con el fin de proponer un nuevo material como sustituto del cemento, para poder generar un concreto normalizado y rentable para los pobladores de la ciudad de Chimbote.

Asimismo, en el aspecto social, este proyecto ayuda para que se siga innovando, mejorando la investigación y encontrando otros usos al lodo de papel en el rubro de la construcción.

IV. RESULTADOS

ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL (ATD)

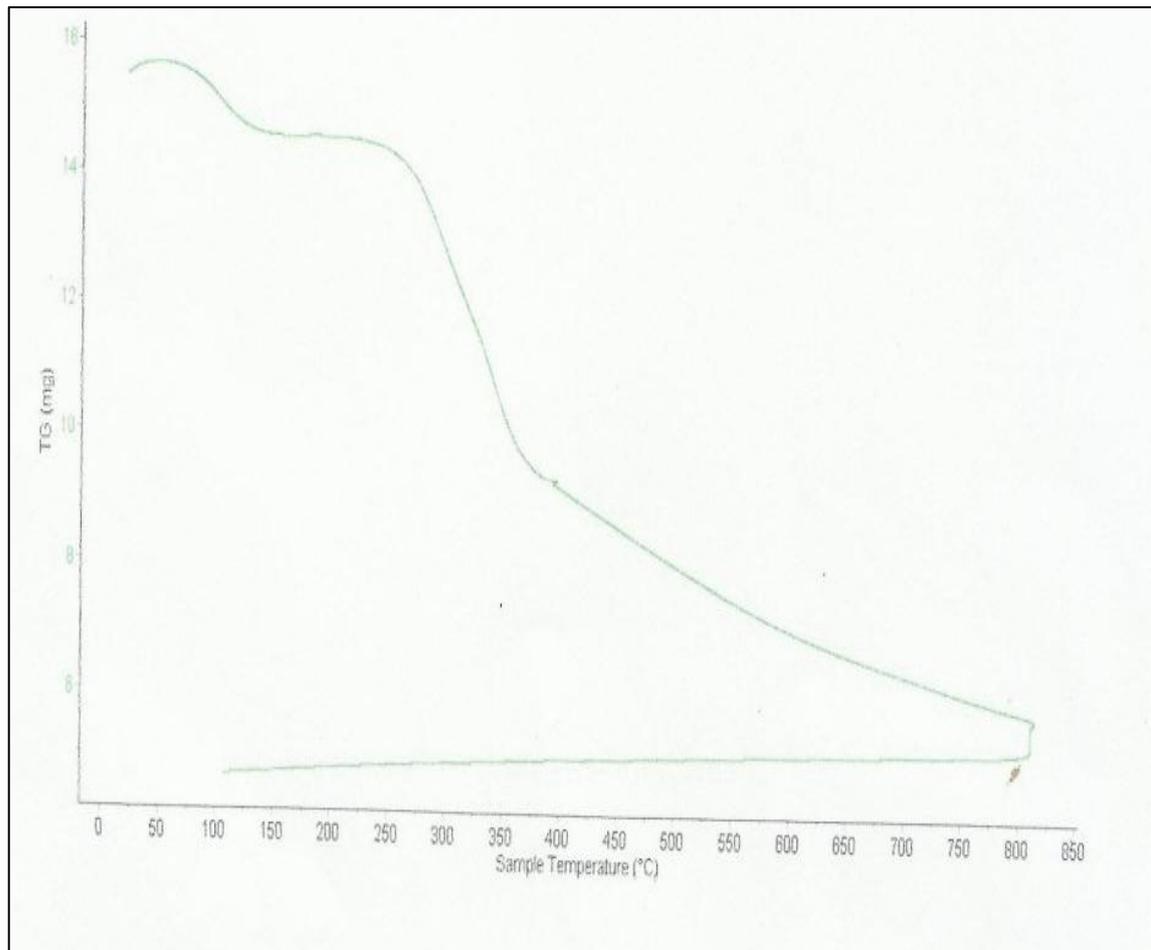


Figura 2. Curva de pérdida de masa de lodo de papel

Nota. Adaptado de Laboratorio de Polímeros (Pabellón Ingeniería de los Materiales), Universidad Nacional de Trujillo, (2019).

Interpretación: Conforme al Análisis Termo Gravimétrico, se estableció que la ceniza de lodo de papel presenta una caída de masa entre los 80°C a 110°C, también presenta una segunda caída entre 250°C a 360°C, luego de esto la caída es de forma lenta hasta que se alcanza perder un total del 63% de la masa que se presentaba al inicio.

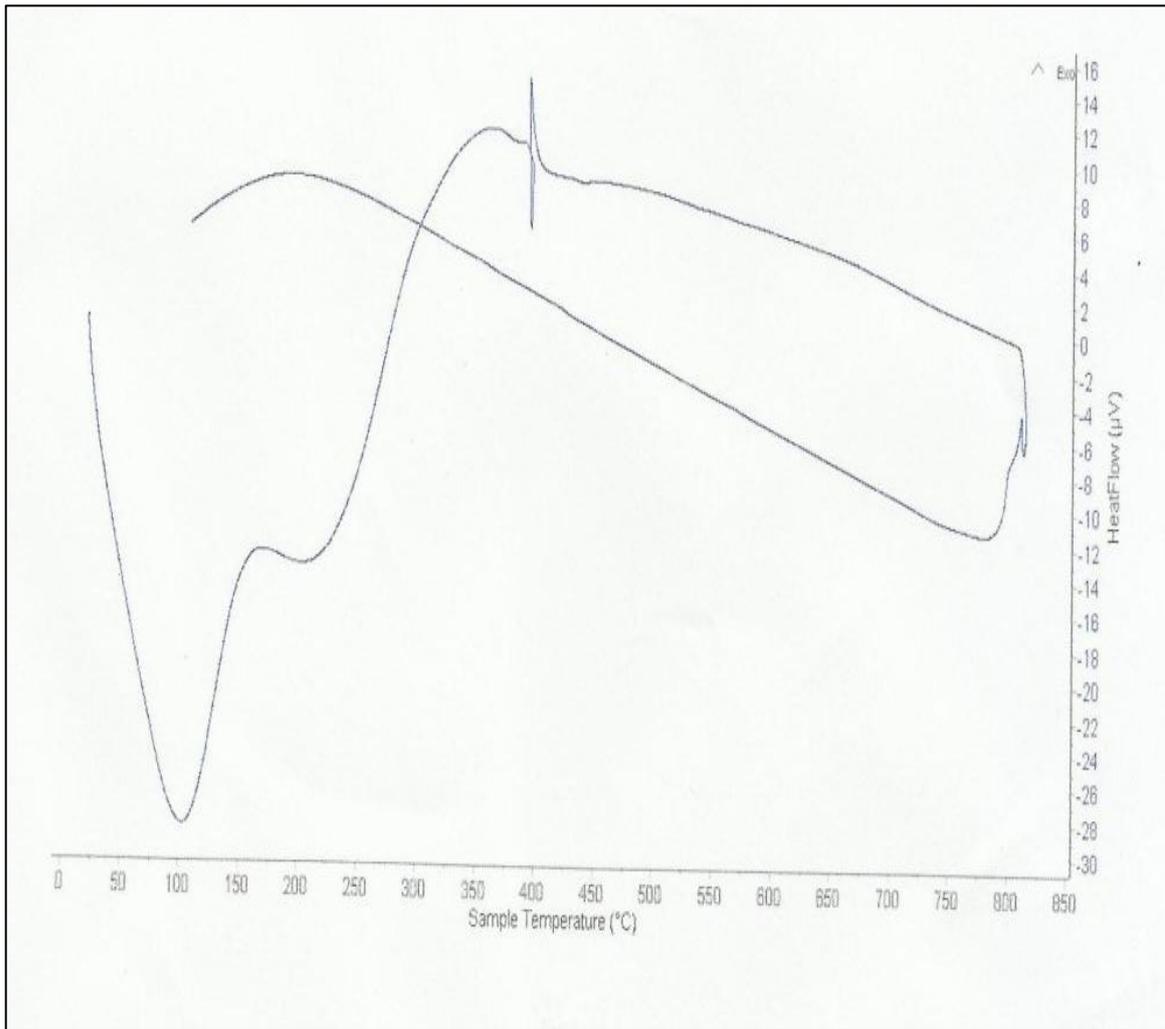


Figura 3. Curva Calorimétrica DSC del lodo de papel

Nota. Adaptado de Laboratorio de Polímeros (Pabellón Ingeniería de los Materiales), Universidad Nacional de Trujillo, (2019).

Interpretación: Conforme al Análisis Calorimétrico, se estableció que a partir de los 395°C, la ceniza de lodo de papel tendrá un cambio estructural, de la misma forma sus características, así como también se puede visualizar picos endotérmicos en los 100°C y 210°C.

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CENIZA DE LODO DE PAPEL

Tabla 14

Composición Química Elemental de la Ceniza de Lodo de Papel

COMPOSICIÓN QUÍMICA	%
Calcio (Ca)	80.68
Magnesio (Mg)	5.84
Aluminio (Al)	5.40
Silicio (Si)	4.87
Azufre (S)	1.32
Hierro (Fe)	1.22
Potasio (K)	0.36
Estroncio (Sr)	0.33

Nota. Adaptado de Laboratorio N° 12, Universidad Nacional de Ingeniería, (2019).

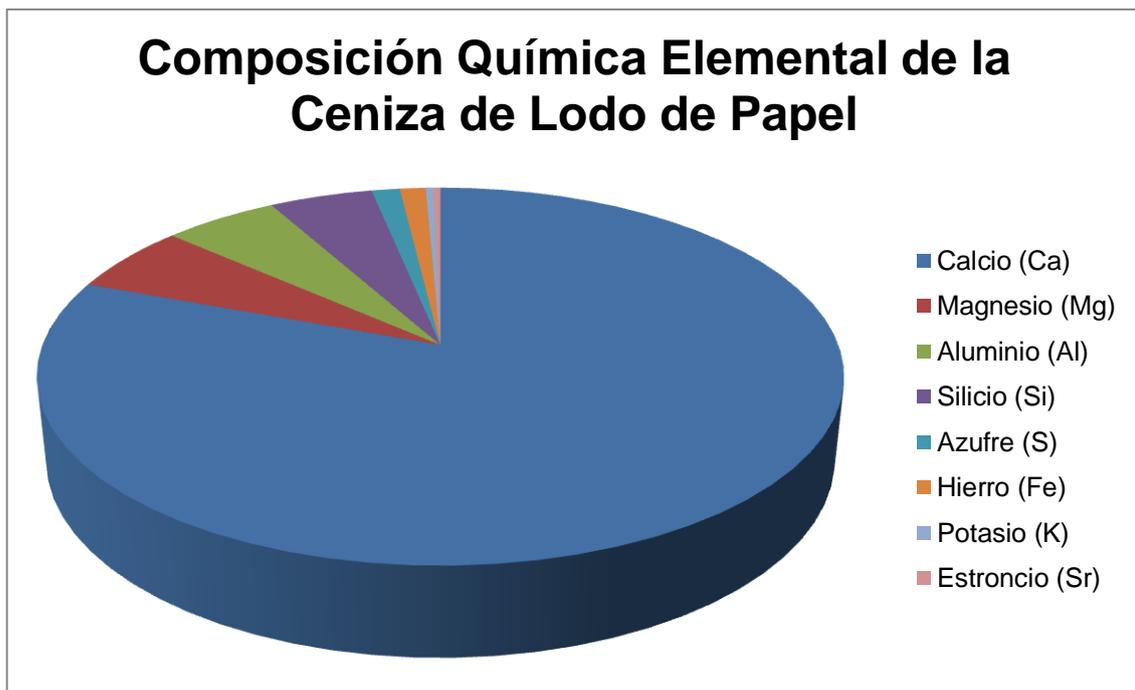


Figura 4. Fluorescencia de Rayos X de la ceniza de lodo de papel – Elemental

Nota. Adaptado de Laboratorio N° 12, Universidad Nacional de Ingeniería, (2019).

Interpretación: De acuerdo al análisis de composición química elemental, se aprecia que la ceniza de lodo de papel está constituida principalmente por Calcio en un 80.68% del total, asimismo la suma de los principales elemento (calcio, silicio y aluminio) de la ceniza de lodo de papel, llegó al 90.95%,

Tabla 15

Composición Química expresada en Óxidos de la Ceniza de Lodo de Papel

COMPOSICIÓN QUÍMICA	%
Óxido de Calcio (CaO)	61.92
Óxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	13.84
Óxido de Magnesio (MgO)	13.68
Óxido de Silicio (SiO ₂)	7.03
Óxido de Potasio (K ₂ O)	1.56
Óxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	1.51
Óxido de Azufre (SO ₃)	0.27
Óxido de Estroncio (SrO)	0.19

Nota. Adaptado de Laboratorio N° 12, Universidad Nacional de Ingeniería, (2019).

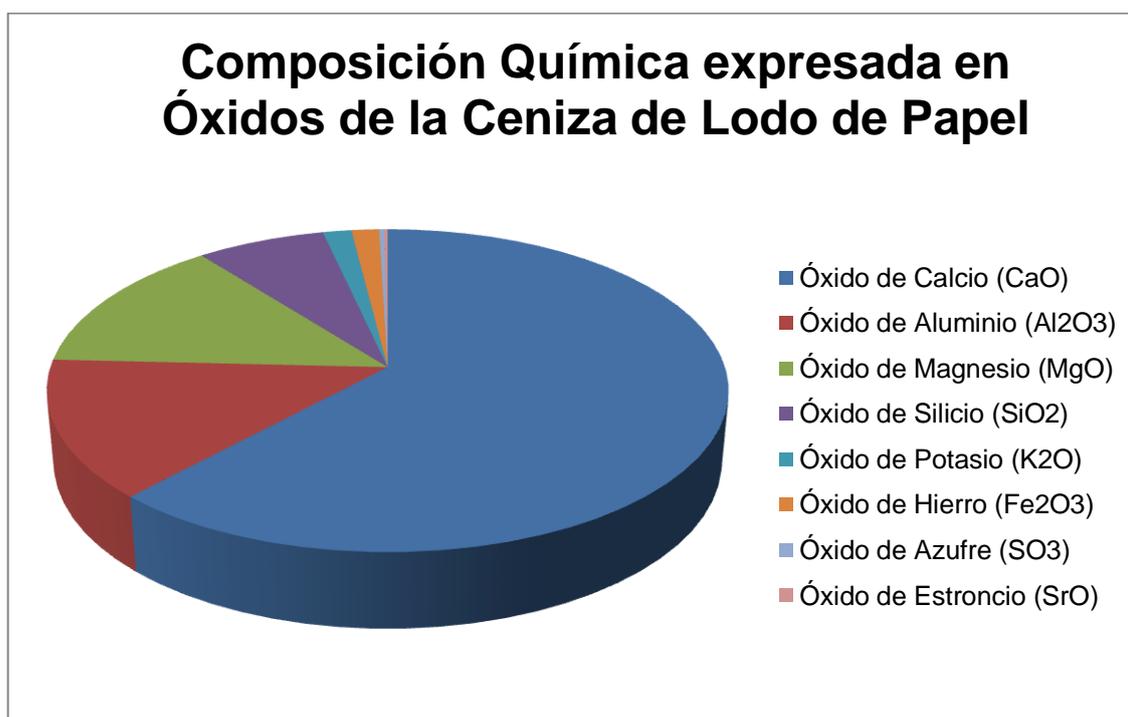


Figura 5. Fluorescencia de Rayos X de la ceniza de lodo de papel – Óxidos

Nota. Adaptado de Laboratorio N° 12, Universidad Nacional de Ingeniería, (2019).

Interpretación: De acuerdo al análisis de composición química expresada en óxidos, se aprecia que el óxido que predomina es el óxido de Calcio en un 61.92% asimismo la adición de los principales óxidos (calcio, aluminio y silicio) de la ceniza de lodo de papel, llegó al 82.79%,

Tabla 16

Comparación de la composición química de la ceniza de lodo de papel y el cemento portland tipo I

COMPOSICIÓN QUÍMICA	CENIZA DE LODO DE PAPEL	CEMENTO PORTLAND TIPO I (PACASMAYO)
Oxi. de Calcio (CaO)	61.92	63.02
Oxi. de Aluminio (Al ₂ O ₃)	13.84	6.20
Oxi. de Magnesio (MgO)	13.68	2.13
Oxi. de Silicio (SiO ₂)	7.03	19.50
Oxi. de Potasio (K ₂ O)	1.56	0.70
Oxi. de Hierro (Fe ₂ O ₃)	1.51	3.30
Oxi. de Azufre (SO ₃)	0.27	2.50
Oxi. de Estroncio (SrO)	0.19	---

Nota. Adaptado de Laboratorio N°12, Universidad Nacional de Ingeniería, (2019).

Interpretación: Entre las principales comparaciones se determina que el cemento sobrepasa a la ceniza de lodo de papel en óxido (calcio, silicio, fierro y azufre), como también es menor en óxido (aluminio, magnesio y potasio).

ALCALINIDAD DE LAS MUESTRAS (PH)

Tabla 17

Ph en muestras estudiadas.

MUESTRA	PH
Ceniza de Lodo de Papel	12,74
Combinación de 95% de cemento + 05% de ceniza de lodo de papel	12,74
Combinación de 92% de cemento + 08% de ceniza de lodo de papel	12,77
Combinación de 90% de cemento + 10% de ceniza de lodo de papel	12,77

Nota. Adaptado de Laboratorio COLECBI S.A.C., (2021).

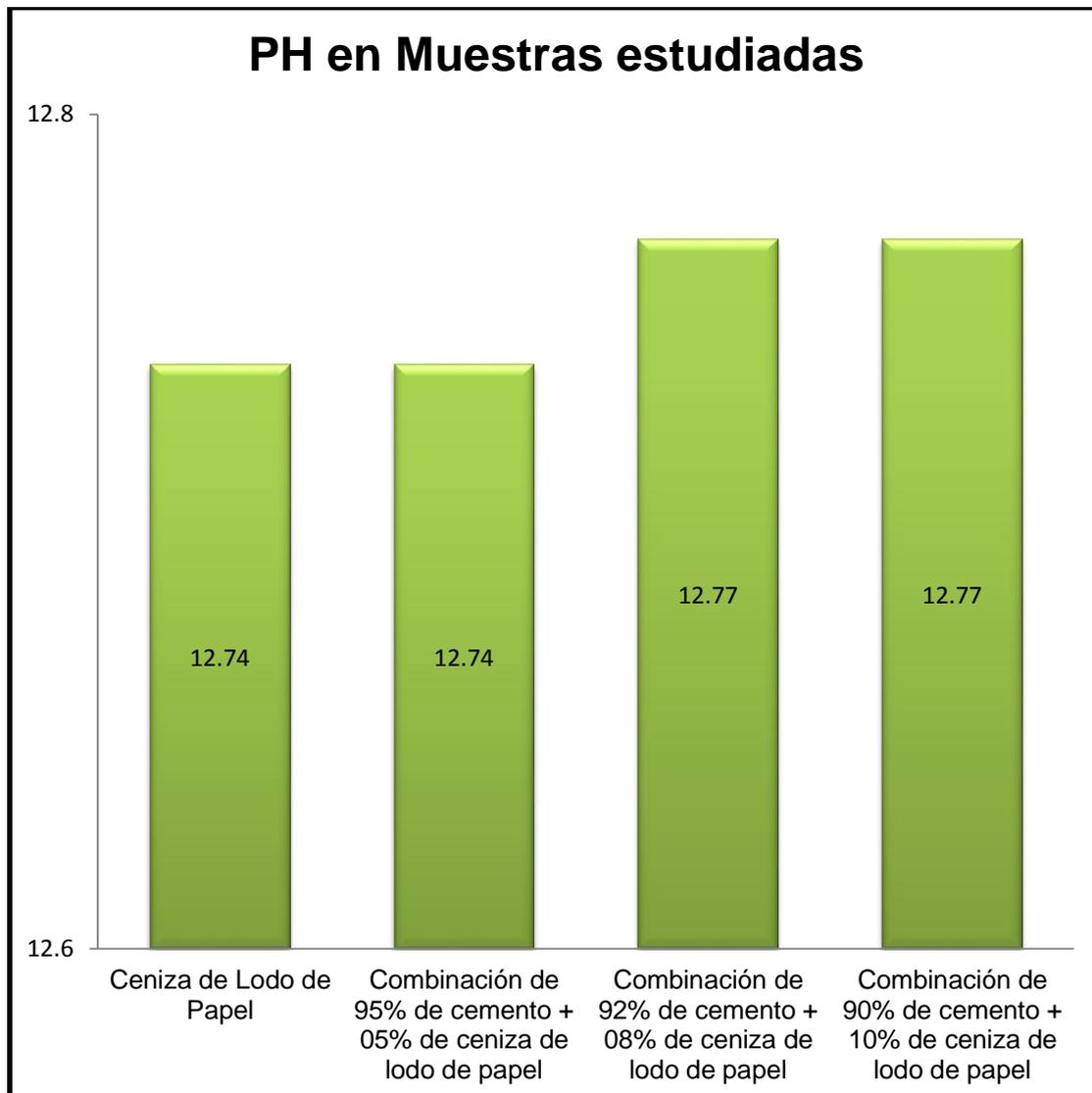


Figura 6. Ensayo de Ph de la ceniza de lodo de papel y de las combinaciones
 Nota. Adaptado de Laboratorio COLECBI S.A.C., (2021).

Interpretación: De acuerdo a los efectos y conclusiones del ensayo de Ph, se aprecia que la totalidad de las muestras se encuentran en un rango de alcalinidad, encontrándose en un rango igual que presenta el cemento portland.

RELACIÓN AGUA / CEMENTO

Tomando en cuenta el método del comité ACI, se determinó los siguientes resultados para la relación a/c, tanto para la muestra patrón y las muestras experimentales.

Tabla 18

Relación a/c por Peso Específico de las muestras

Propiedad	Muestra Patrón	1 Muestra Exp. (5%)	2 Muestra Exp. (8%)	3 Muestra Exp. (10%)
Peso Especifico	3.10	3.24	3.21	3.36
Relación a/c	0.685	0.725	0.754	0.783

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

Interpretación: Se aprecia la relación a/c por peso específico de la muestra patrón, así como las tres muestras experimentales que se realizaron, se observa que la mayor relación a/c se presenta en la tercera muestra experimental, asimismo las tres muestras experimentales superan a la muestra patrón.

Tabla 19

Cantidad de Materiales – Muestra Patrón

Materiales	1 m3	1 Probeta	9 Probetas
Agua (Lt)	205.146	1.251	11.255
Arena Gruesa (Kg)	962.444	5.867	52.805
Piedra 3/4" (Kg)	942.192	5.744	51.694
Cemento TIPO I (Kg)	299.708	1.827	16.444

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

Interpretación: Se determina que se utilizará 52.805 kg de arena gruesa, 51.694 kg de piedra 3/4", 16.444 kg de cemento y 11.255 Lt de agua para la elaboración de la muestra patrón.

Tabla 20*Cantidad de Material – Muestra Experimental (5%)*

Materiales	1 m3	1 Probeta	9 Probetas
Agua (Lt)	206.55	1.259	11.332
Arena Gruesa (Kg)	962.444	5.867	52.805
Piedra 3/4" (Kg)	942.192	5.744	51.694
Cemento TIPO I (Kg)	284.7226	1.736	15.621
Ceniza de Lodo de Papel (Kg)	14.9854	0.091	0.822

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

Tabla 21*Cantidad de Material – Muestra Experimental (8%)*

Materiales	1 m3	1 Probeta	9 Probetas
Agua (Lt)	208	1.268	11.412
Arena Gruesa (Kg)	962.444	5.867	52.805
Piedra 3/4" (Kg)	942.192	5.744	51.694
Cemento TIPO I (Kg)	275.73136	1.681	15.128
Ceniza de Lodo de Papel (Kg)	23.97664	0.146	1.315

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

Tabla 22*Cantidad de Material – Muestra Experimental (10%)*

Materiales	1 m3	1 Probeta	9 Probetas
Agua (Lt)	211.31	1.288	11.594
Arena Gruesa (Kg)	962.444	5.867	52.805
Piedra 3/4" (Kg)	942.192	5.744	51.694
Cemento TIPO I (Kg)	269.7372	1.644	14.799
Ceniza de Lodo de Papel (Kg)	29.9708	0.183	1.644

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

Interpretación: Se aprecia que cuando se utiliza más ceniza de lodo de papel, se aumenta la cantidad de agua para realizar el concreto experimental.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Para la muestra patrón y las muestras experimentales, el Slump fue de 3”.

Tabla 23

Pesos antes y después del curado de probetas – Muestra Patrón

Probetas	Peso antes del curado (KG)	Peso después del curado (KG)
1	13.413	13.515
2	13.405	13.510
3	13.425	13.525
4	13.431	13.530
5	13.437	13.535
6	13.418	13.520
7	13.409	13.515
8	13.416	13.515
9	13.435	13.525

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

Tabla 24

Pesos antes y después del curado de probetas – Muestra Experimental (5%)

Probetas	Peso antes del curado (KG)	Peso después del curado (KG)
1	13.334	13.490
2	13.325	13.450
3	13.348	13.470
4	13.339	13.430
5	13.337	13.400
6	13.322	13.460
7	13.351	13.450
8	13.315	13.410
9	13.311	13.400

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

Tabla 25*Pesos antes y después del curado de probetas – Muestra Experimental (8%)*

Probetas	Peso antes del curado (KG)	Peso después del curado (KG)
1	13.218	13.315
2	13.234	13.350
3	13.210	13.324
4	13.206	13.310
5	13.225	13.330
6	13.214	13.325
7	13.220	13.335
8	13.229	13.350
9	13.232	13.350

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

Tabla 26*Pesos antes y después del curado de probetas – Muestra Experimental (10%)*

Probetas	Peso antes del curado (KG)	Peso después del curado (KG)
1	13.135	13.250
2	13.125	13.200
3	13.116	13.250
4	13.132	13.250
5	13.118	13.200
6	13.104	13.250
7	13.112	13.300
8	13.115	13.300
9	13.126	13.250

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

Interpretación: Se aprecian los pesos de las 9 probetas para cada diseño, fueron pesadas antes de realizar el curado, así como después de cumplir los días de curado antes de realizar las roturas correspondientes, se observa que los testigos de concreto de la muestra patrón son las más pesadas, así como cuanto más se sustituye al cemento las probetas disminuyen en peso.

Tabla 27*Diámetros de Probetas – Muestra Patrón*

Probetas	D1	D2	D3	Promedio
1	15.10	15.10	15.15	15.12
2	15.10	15.00	15.00	15.03
3	15.00	15.00	15.00	15.00
4	15.10	15.10	15.00	15.07
5	15.00	15.00	15.00	15.00
6	15.10	15.15	15.15	15.13
7	15.20	15.15	15.10	15.15
8	15.10	15.00	15.00	15.03
9	15.00	15.00	15.00	15.00

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

Tabla 28*Diámetros de Probetas – Muestra Experimental (5%)*

Probetas	D1	D2	D3	Promedio
1	15.00	15.00	15.00	15.00
2	15.10	15.00	15.10	15.07
3	15.10	15.15	15.00	15.08
4	15.00	15.00	15.00	15.00
5	15.15	15.00	15.15	15.10
6	15.10	15.00	15.10	15.07
7	15.10	15.15	15.10	15.12
8	15.00	15.00	15.00	15.00
9	15.10	15.00	15.15	15.08

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

Tabla 29*Diámetros de Probetas – Muestra Experimental (8%)*

Probetas	D1	D2	D3	Promedio
1	15.10	15.10	15.10	15.10
2	15.15	15.00	15.00	15.05
3	15.15	15.15	15.10	15.13
4	15.10	15.10	15.15	15.12
5	15.00	15.00	15.10	15.03
6	15.00	15.00	15.05	15.02
7	15.10	15.15	15.10	15.12
8	15.00	15.15	15.10	15.08
9	15.10	15.00	15.00	15.03

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

Tabla 30*Diámetros de Probetas – Muestra Experimental (10%)*

Probetas	D1	D2	D3	Promedio
1	15.15	15.00	15.10	15.08
2	15.15	15.00	15.10	15.08
3	15.15	15.00	15.10	15.08
4	15.10	15.10	15.00	15.07
5	15.15	15.00	15.10	15.08
6	15.00	15.00	15.10	15.03
7	15.15	15.15	15.10	15.13
8	15.00	15.15	15.00	15.05
9	15.10	15.15	15.10	15.12

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

Interpretación: Se aprecia el diámetro de las probetas, para ello se realizó tres medidas para obtener un diámetro promedio, el cual se utilizará para la obtención de la resistencia a la compresión de cada testigo de concreto.

Resistencia a la Compresión de las Probetas Patrón

Tabla 31

Resistencia a la Compresión a los 7 días – Probetas Patrón

Probetas	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga (KgF)	Fc (Kg/cm ²)	Fc / F'c (%)	% Prom.	(kg/cm ²) Prom.
P1	13.413	15.12	179.50	32440	180.73	86.06		
P2	13.405	15.03	177.50	31540	177.69	84.62	85.23	178.99
P3	13.425	15.00	176.71	31550	178.54	85.02		

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

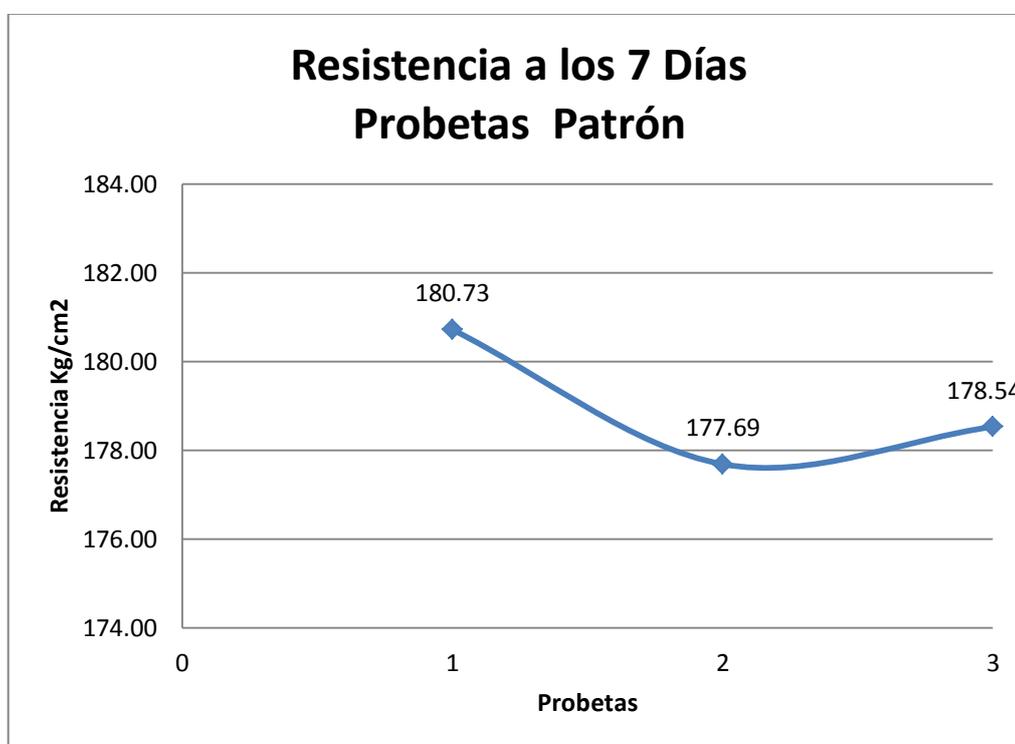


Figura 7. Resistencia a la Compresión de Probetas Patrón – 7 días

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

Interpretación: Se aprecian las resistencias obtenidas por el concreto patrón a la edad de 7 días, se observa que la mayor resistencia para esta edad fue de 180.73 kg/cm², asimismo la menor resistencia conseguida fue de 177.69 kg/cm².

Tabla 32

Resistencia a la Compresión a los 14 días – Probetas Patrón

Probetas	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga (KgF)	Fc (Kg/cm ²)	Fc / F'c (%)	% Prom.	(kg/cm ²) Prom.
P4	13.431	15.07	178.27	35470	198.96	94.74		
P5	13.437	15.00	176.72	34710	196.41	93.53	94.44	198.33
P6	13.418	15.13	179.84	35900	199.62	95.06		

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

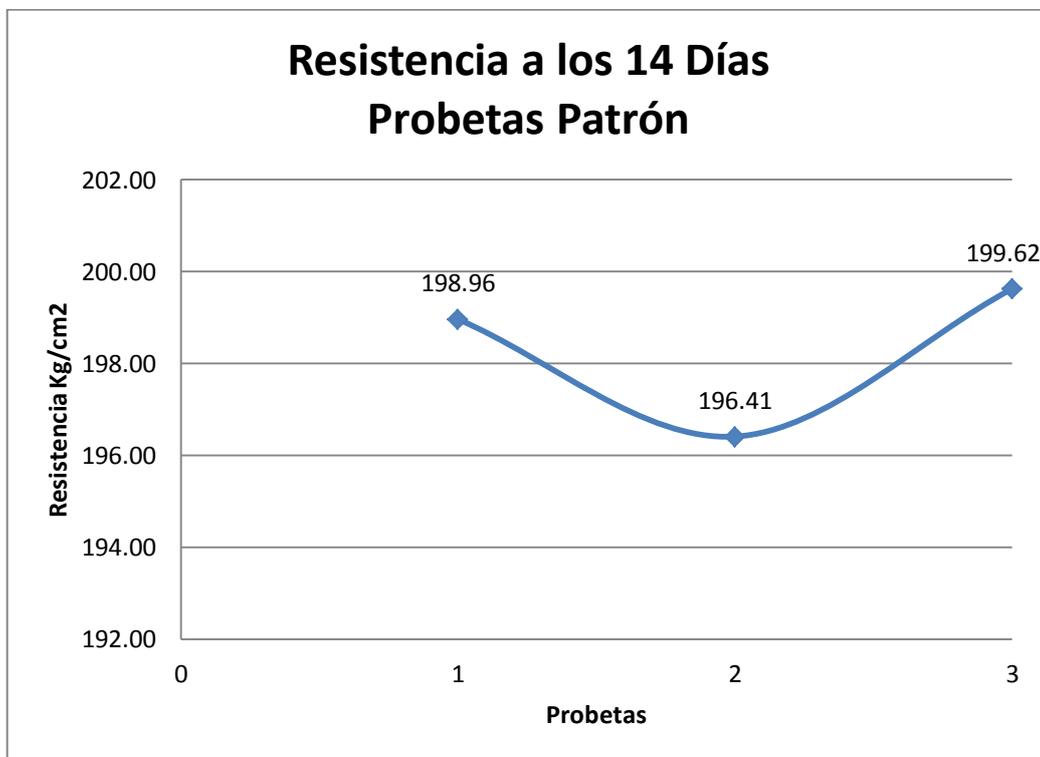


Figura 8. Resistencia a la Compresión de Probetas Patrón – 14 días

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

Interpretación: Se aprecian las resistencias obtenidas por el concreto patrón a la edad de 14 días, se observa que la mayor resistencia para esta edad fue de 199.62 kg/cm², asimismo la menor resistencia conseguida fue de 196.41 kg/cm².

Tabla 33

Resistencia a la Compresión a los 28 días – Probetas Patrón

Probetas	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga (KgF)	Fc (Kg/cm ²)	Fc / F'c (%)	% Prom.	(kg/cm ²) Prom.
P7	13.409	15.15	180.29	39970	221.70	105.57		
P8	13.416	15.03	177.50	39770	224.06	106.69	105.91	222.41
P9	13.435	15.00	176.73	39140	221.47	105.46		

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).



Figura 9. Resistencia a la Compresión de Probetas Patrón – 28 días

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

Interpretación: Se aprecian las resistencias obtenidas por el concreto patrón a la edad de 28 días, se observa que la mayor resistencia para esta edad fue de 224.06 kg/cm², asimismo la menor resistencia conseguida fue de 221.47 kg/cm².

Resistencia a la Compresión de las Probetas Experimentales 5%

Tabla 34

Resistencia a la Compresión a los 7 días –Probetas Experimentales (5%)

Probetas	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga (KgF)	Fc (Kg/cm ²)	Fc / F'c (%)	% Prom.	(kg/cm ²) Prom.
P1	13.334	15.00	176.70	34040	192.64	91.74		
P2	13.325	15.07	178.31	35350	198.25	94.40	92.76	194.80
P3	13.348	15.08	178.71	34580	193.50	92.14		

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

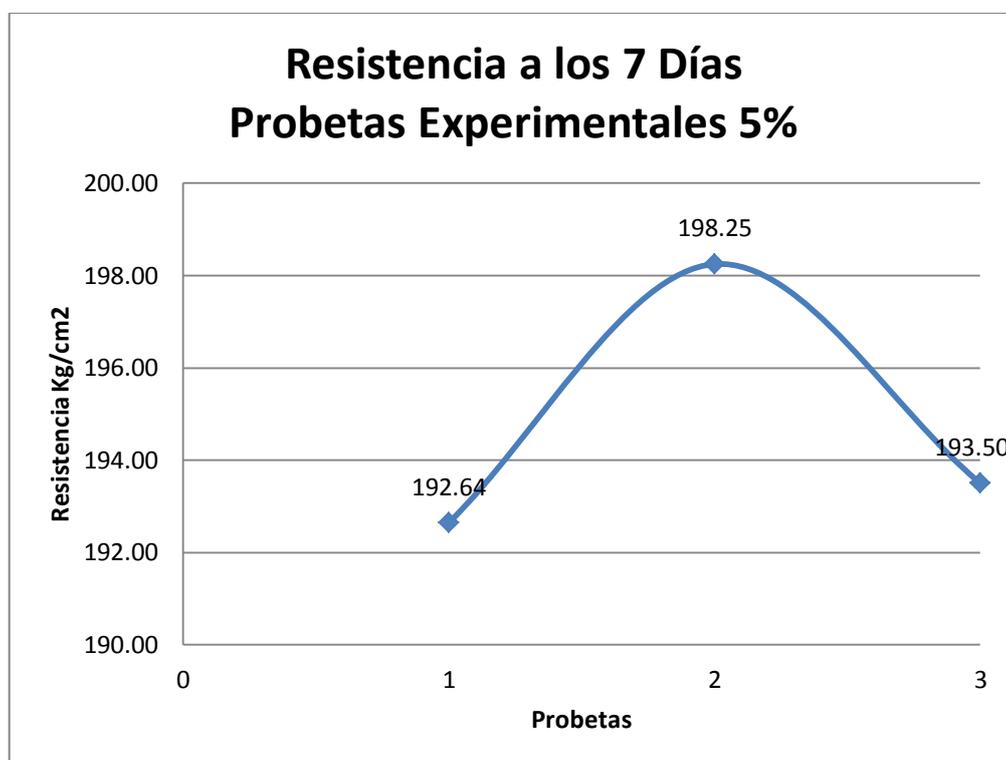


Figura 10. Resistencia a la Compresión de Probetas Experimentales 5% – 7 días

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

Interpretación: Se aprecian las resistencias obtenidas por el concreto experimental con 5% de sustitución, a la edad de 7 días, se observa que la mayor resistencia para esta edad fue de 198.25 kg/cm², asimismo la menor resistencia lograda fue de 192.64 kg/cm².

Tabla 35

Resistencia a la Compresión a los 14 días – Probetas Experimentales (5%)

Probetas	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga (KgF)	Fc (Kg/cm ²)	Fc / F'c (%)	% Prom.	(kg/cm ²) Prom.
P4	13.339	15.00	176.70	37140	210.19	100.09		
P5	13.337	15.10	179.08	38610	215.60	102.67	101.13	212.38
P6	13.322	15.07	178.28	37680	211.35	100.64		

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

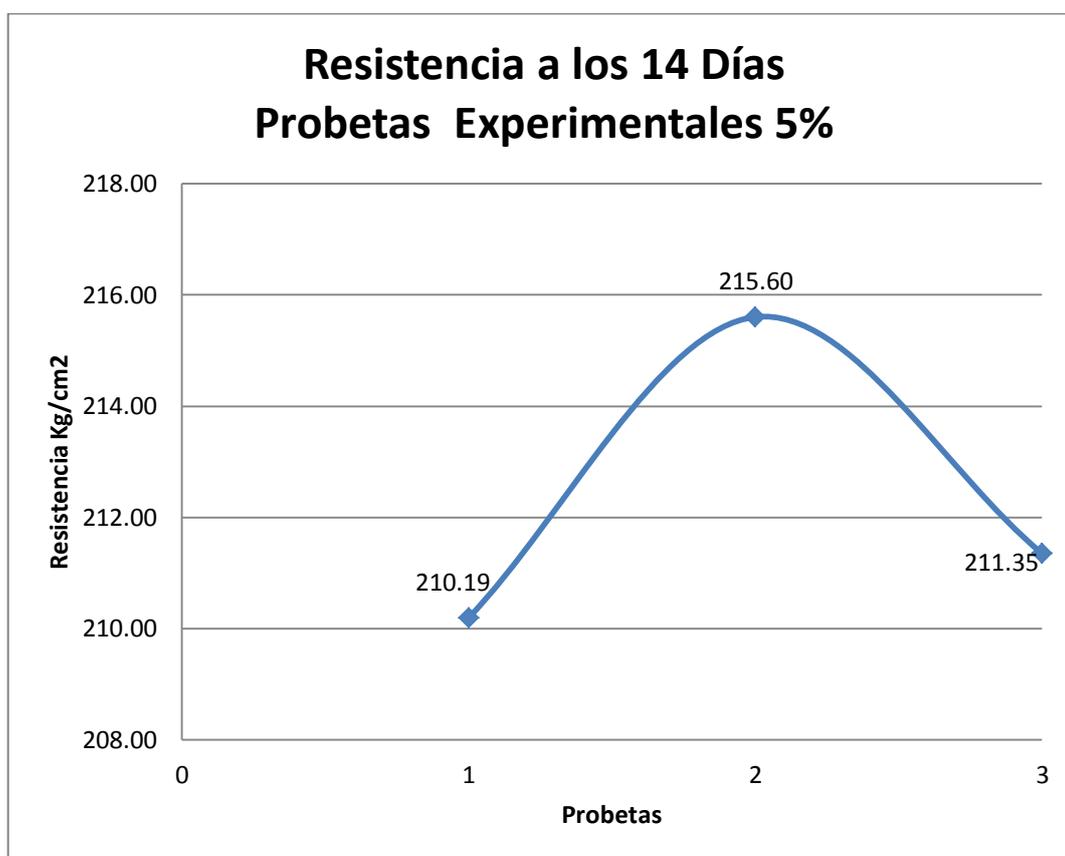


Figura 11. Resistencia a la Compresión de Probetas Experimentales 5% –14 días

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

Interpretación: Se aprecian las resistencias obtenidas por el concreto experimental con 5% de sustitución, a la edad de 14 días, se observa que la mayor resistencia para esta edad fue de 215.60 kg/cm², asimismo la menor resistencia alcanzada fue de 210.19 kg/cm².

Tabla 36

Resistencia a la Compresión a los 28 días – Probetas Experimentales (5%)

Probetas	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga (KgF)	Fc (Kg/cm ²)	Fc / F'c (%)	% Prom.	(kg/cm ²) Prom.
P7	13.351	15.12	179.46	42720	238.05	113.36		
P8	13.315	15.00	176.70	41070	232.43	110.68	111.57	234.31
P9	13.311	15.08	178.67	41530	232.44	110.68		

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

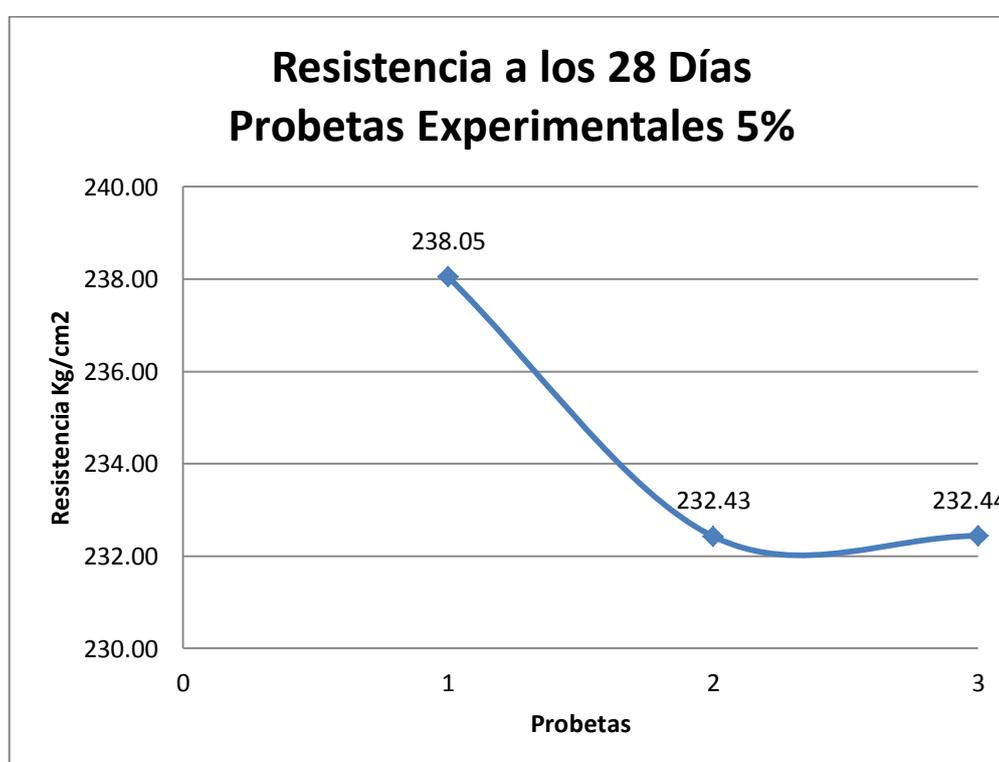


Figura 12. Resistencia a la Compresión de Probetas Experimentales 5% –28 días

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

Interpretación: Se aprecian las resistencias obtenidas por el concreto experimental con 5% de sustitución, a la edad de 28 días, se observa que la mayor resistencia para esta edad fue de 238.05 kg/cm², asimismo la menor resistencia obtenida fue de 232.43 kg/cm².

Resistencia a la Compresión de las Probetas Experimentales 8%

Tabla 37

Resistencia a la Compresión a los 7 días – Probetas Experimentales (8%)

Probetas	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga (KgF)	Fc (Kg/cm ²)	Fc / F'c (%)	% Prom.	(kg/cm ²) Prom.
P1	13.218	15.10	179.06	32600	182.06	86.70		
P2	13.234	15.05	177.90	30920	173.81	82.76	84.55	177.56
P3	13.210	15.13	179.85	31800	176.82	84.20		

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).



Figura 13. Resistencia a la Compresión de Probetas Experimentales 8% – 7 días

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

Interpretación: Se aprecian las resistencias obtenidas por el concreto experimental con 8% de sustitución, a la edad de 7 días, se observa que la mayor resistencia para esta edad fue de 182.06 kg/cm², asimismo la menor resistencia obtenida fue de 173.81 kg/cm².

Tabla 38*Resistencia a la Compresión a los 14 días – Probetas Experimentales (8%)*

Probetas	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga (KgF)	Fc (Kg/cm ²)	Fc / F'c (%)	% Prom.	(kg/cm ²) Prom.
P4	13.206	15.12	179.49	35740	199.12	94.82		
P5	13.225	15.03	177.49	34250	192.97	91.89	93.15	195.61
P6	13.214	15.02	177.10	34490	194.75	92.74		

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).



Figura 14. Resistencia a la Compresión de Probetas Experimentales 8% –14 días

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

Interpretación: Se aprecian las resistencias obtenidas por el concreto experimental con 8% de sustitución, a la edad de 14 días, se observa que la mayor resistencia para esta edad fue de 199.12 kg/cm², asimismo la menor resistencia alcanzada fue de 192.97 kg/cm².

Tabla 39

Resistencia a la Compresión a los 28 días – Probetas Experimentales (8%)

Probetas	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga (KgF)	Fc (Kg/cm ²)	Fc / F'c (%)	% Prom.	(kg/cm ²) Prom.
P7	13.220	15.12	179.47	38730	215.81	102.76		
P8	13.229	15.08	178.69	38750	216.85	103.26	102.34	214.92
P9	13.232	15.03	177.51	37650	212.10	101.00		

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

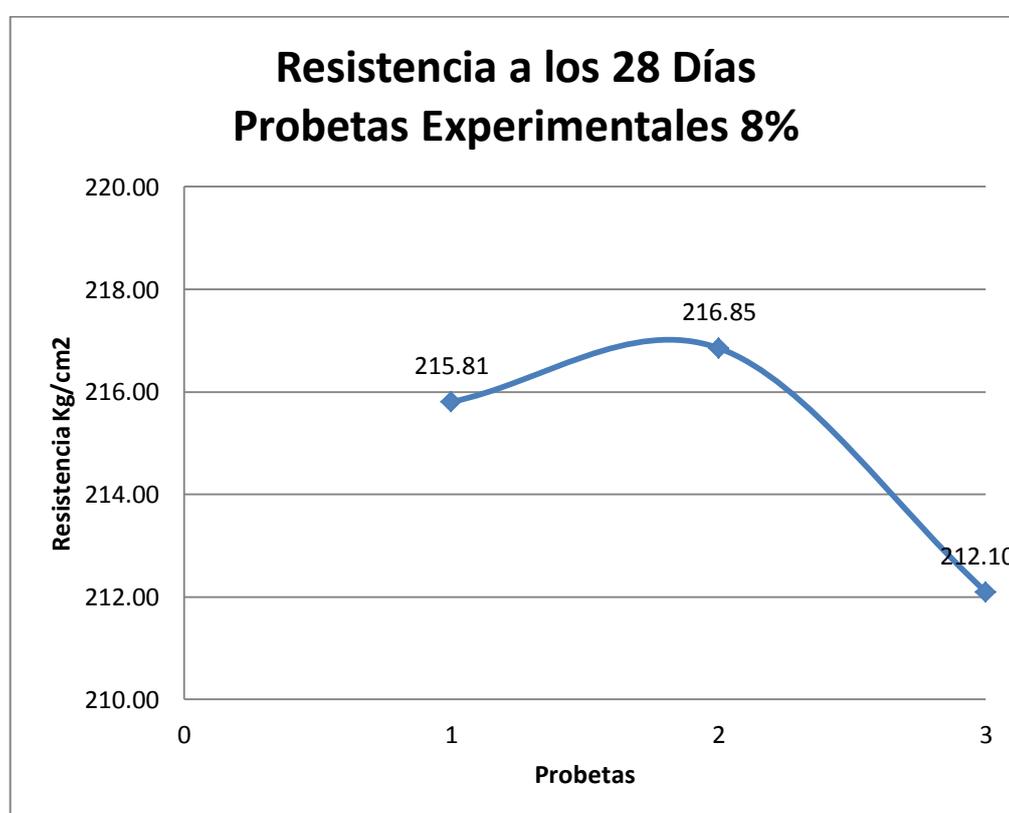


Figura 15. Resistencia a la Compresión de Probetas Experimentales 8% –28 días

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

Interpretación: Se aprecian las resistencias obtenidas por el concreto experimental con 8% de sustitución, a la edad de 28 días, se observa que la mayor resistencia para esta edad fue de 216.85 kg/cm², asimismo la menor resistencia lograda fue de 212.10 kg/cm².

Resistencia a la Compresión de las Probetas Experimentales 10%

Tabla 40

Resistencia a la Compresión a los 7 días – Probetas Experimentales (10%)

Probetas	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga (KgF)	Fc (Kg/cm ²)	Fc / F'c (%)	% Prom.	(kg/cm ²) Prom.
P1	13.135	15.08	178.68	28760	160.95	76.65		
P2	13.125	15.08	178.66	27290	152.75	72.74	74.96	157.41
P3	13.116	15.08	178.72	28330	158.52	75.48		

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

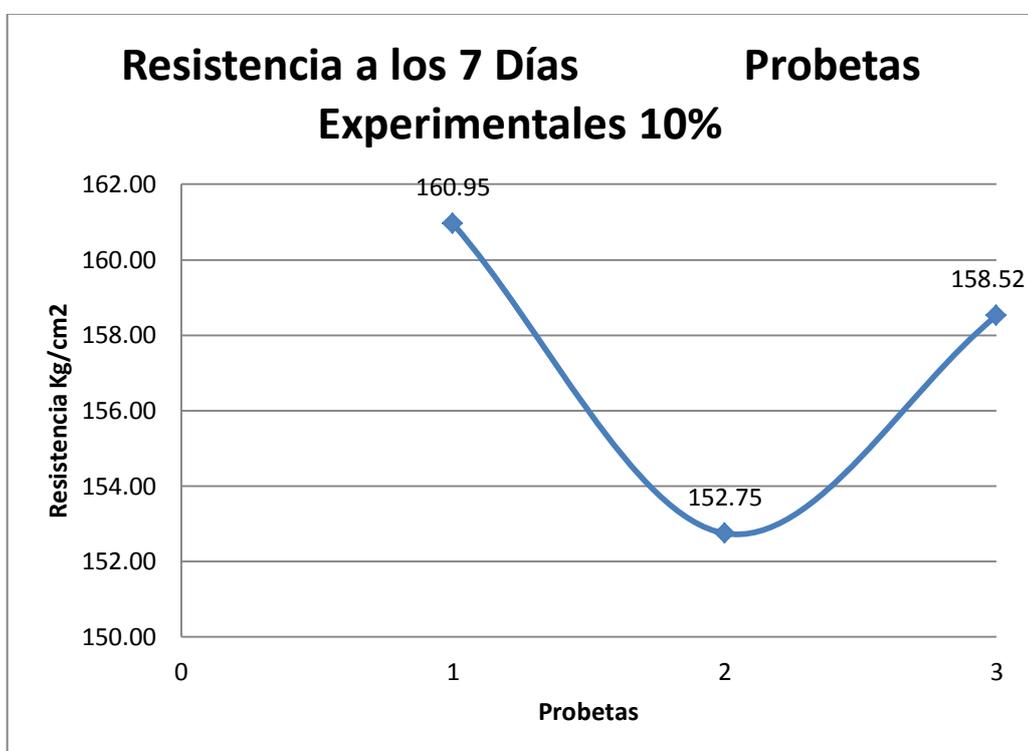


Figura 16. Resistencia a la Compresión de Probetas Experimentales 10% –7 días

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

Interpretación: Se aprecian las resistencias obtenidas por el concreto experimental con 10% de sustitución, a la edad de 7 días, se observa que la mayor resistencia para esta edad fue de 160.95 kg/cm², asimismo la menor resistencia alcanzada fue de 152.75 kg/cm².

Tabla 41

Resistencia a la Compresión a los 14 días – Probetas Experimentales (10%)

Probetas	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga (KgF)	Fc (Kg/cm ²)	Fc / F'c (%)	% Prom.	(kg/cm ²) Prom.
P4	13.132	15.07	178.28	32540	182.52	86.92		
P5	13.118	15.08	178.70	31450	175.99	83.80	85.18	178.89
P6	13.104	15.03	177.49	31620	178.15	84.83		

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

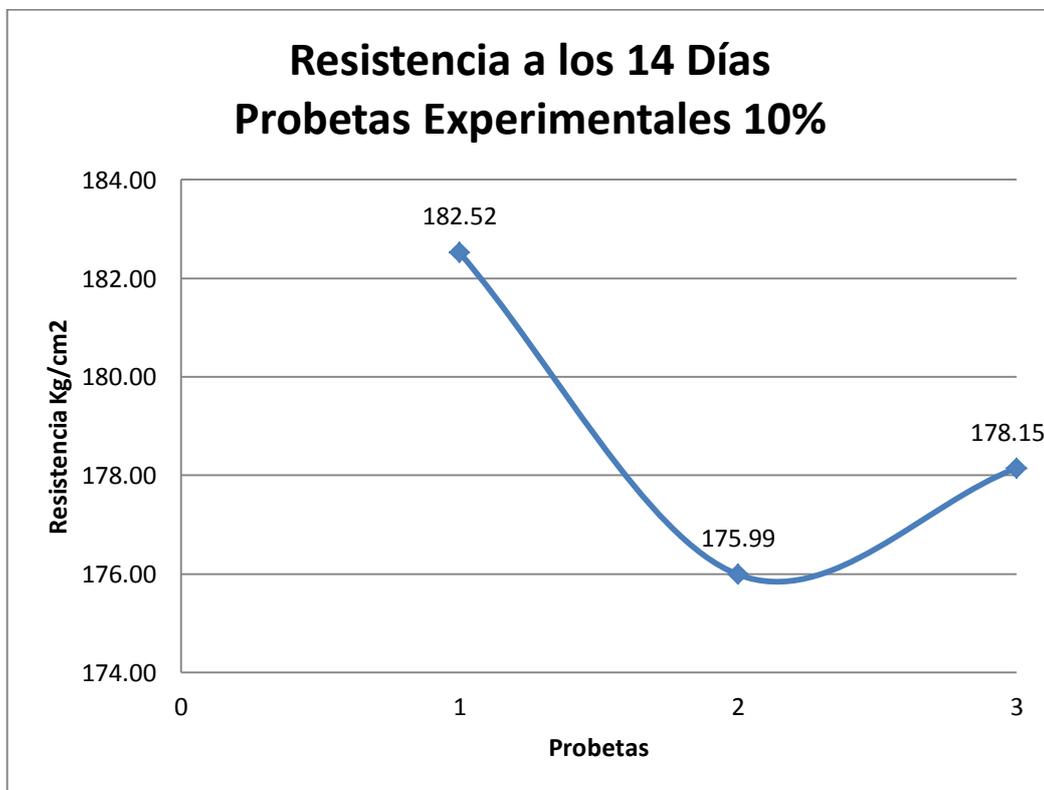


Figura 17. Resistencia a la Compresión de Probetas Experimentales 10% – 14 días

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

Interpretación: Se aprecian las resistencias obtenidas por el concreto experimental con 10% de sustitución, a la edad de 14 días, se observa que la mayor resistencia para esta edad fue de 182.52 kg/cm², asimismo la menor resistencia alcanzada fue de 175.99 kg/cm².

Tabla 42

Resistencia a la Compresión a los 28 días – Probetas Experimentales (10%)

Probetas	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga (KgF)	Fc (Kg/cm ²)	Fc / F'c (%)	% Prom.	(kg/cm ²) Prom.
P7	13.112	15.13	179.89	36120	200.79	95.61		
P8	13.115	15.05	177.89	34540	194.16	92.46	94.62	198.69
P9	13.126	15.12	179.48	36100	201.13	95.78		

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

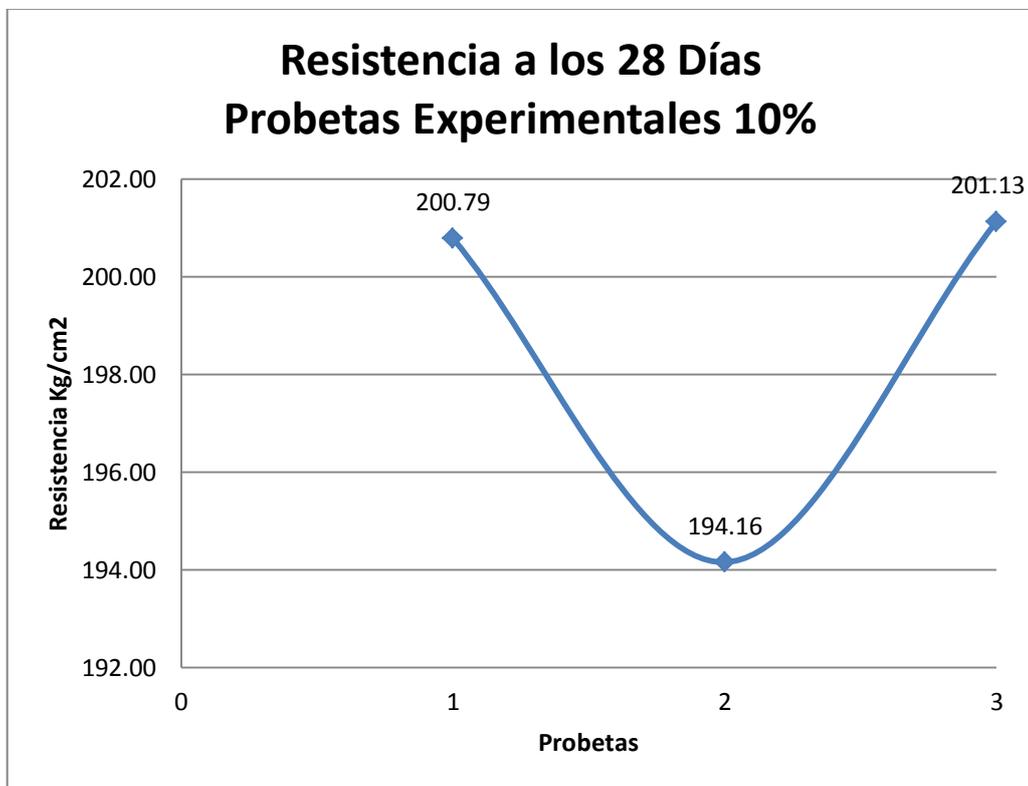


Figura 18. Resistencia a la Compresión de Probetas Experimentales 10% – 28 días

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

Interpretación: Se aprecian las resistencias obtenidas por el concreto experimental con 10% de sustitución, a la edad de 28 días, se observa que la mayor resistencia para esta edad fue de 201.13 kg/cm², asimismo la menor resistencia alcanzada fue de 194.16 kg/cm².

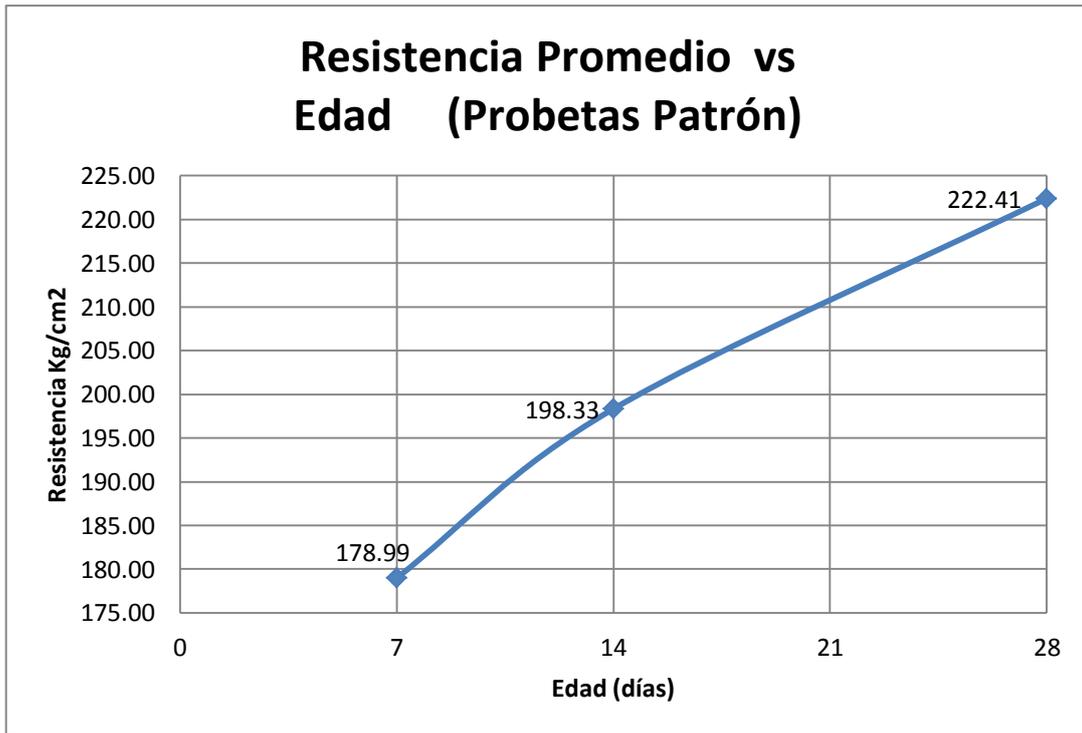


Figura 19. Resistencia a la compresión promedio de probetas patrón
 Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

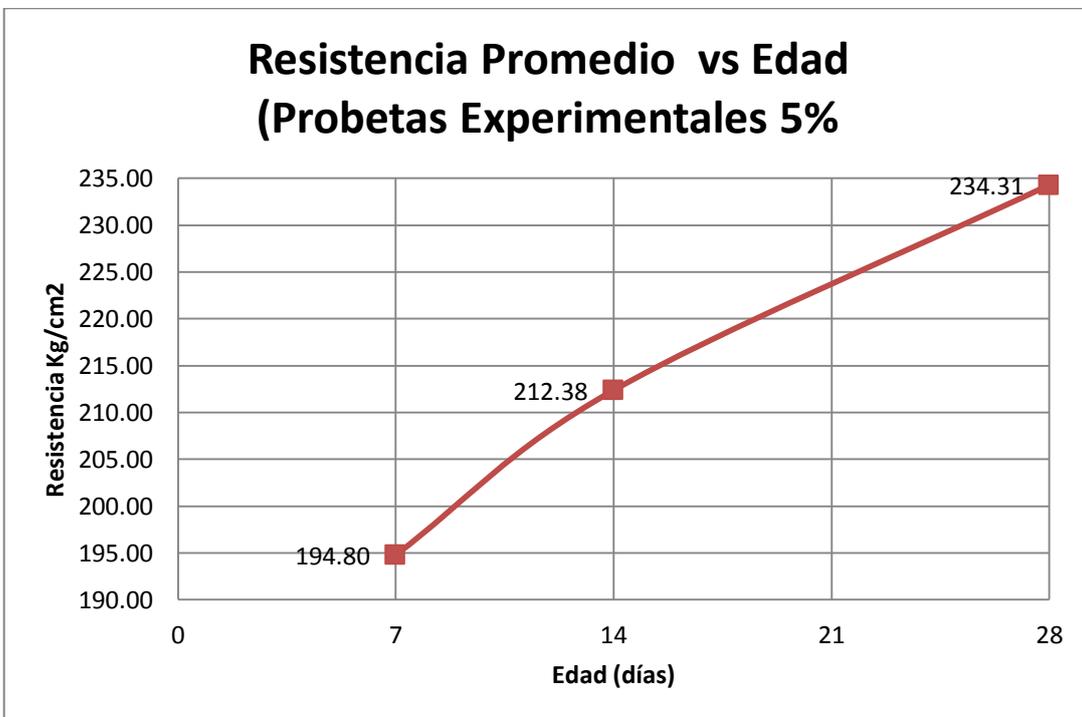


Figura 20. Resistencia a la compresión promedio de probetas experimentales 5%
 Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

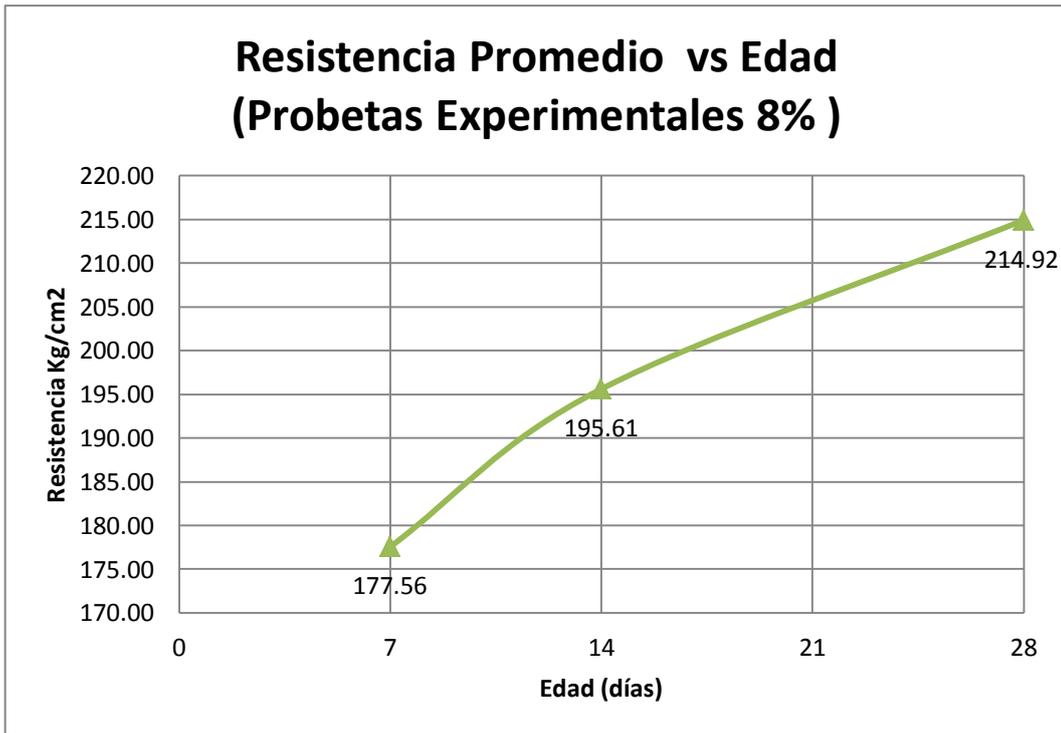


Figura 21. Resistencia a la compresión promedio de probetas experimentales 8%

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

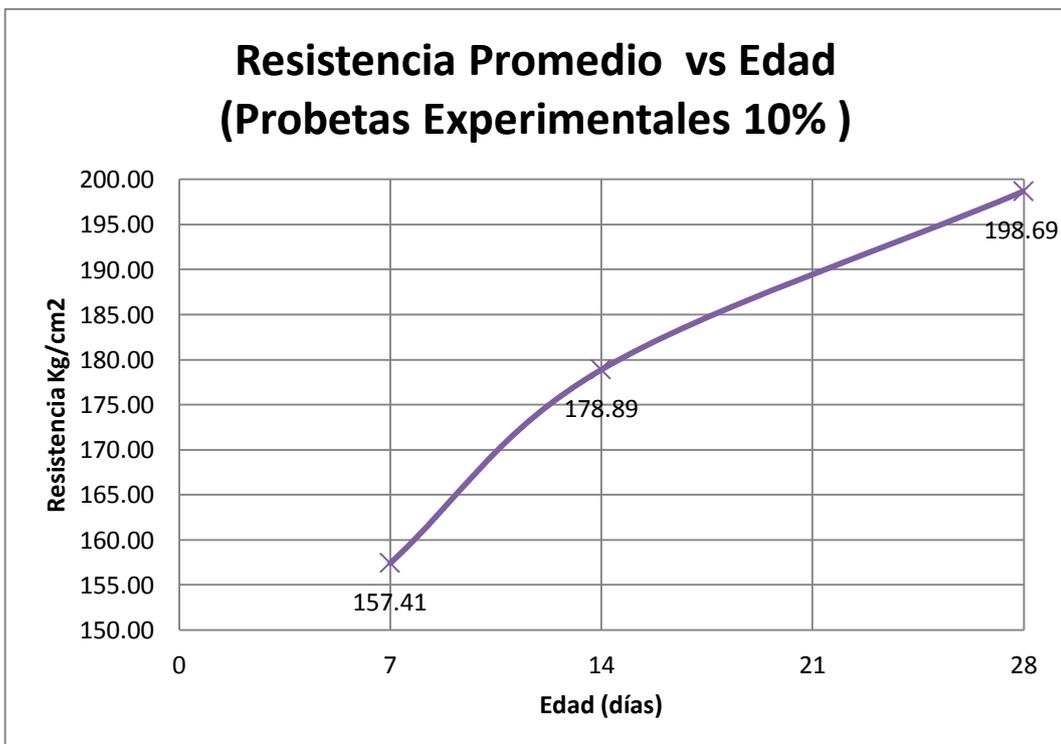


Figura 22. Resistencia a la compresión promedio de probetas experimentales 10%

Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

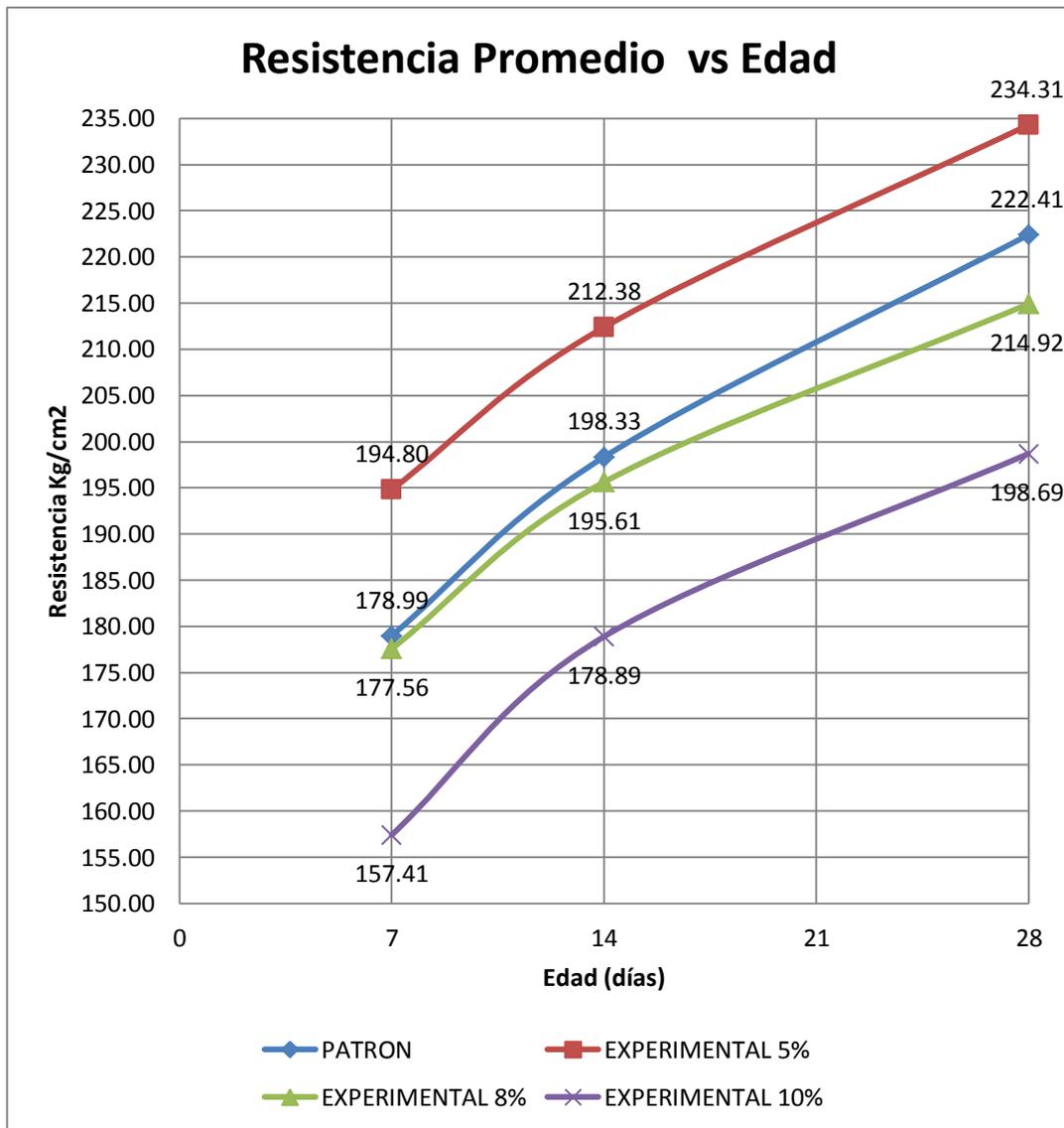


Figura 23. Comparación de resistencias a la compresión en 7, 14 y 28 días
 Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

Interpretación: Se aprecian los resultados alcanzados al realizarse la prueba a compresión, la muestra patrón logró tener una resistencia promedio de 222.41 kg/cm² para 28 días superando en (5.91%) a la resistencia de diseño, de la misma forma la muestra experimental con 5% de sustitución logró alcanzar 234.31 kg/cm² para 28 días superando en (11.57%) a la resistencia de diseño, también la muestra experimental con 8% de sustitución logró alcanzar 214.92 kg/cm² para 28 días superando en (2.34%) a la resistencia de diseño, finalmente de la muestra experimental con 10% de sustitución logró alcanzar 198.69 kg/cm² para 28 días en este caso estuvo por debajo en (5.38%) a la resistencia de diseño.

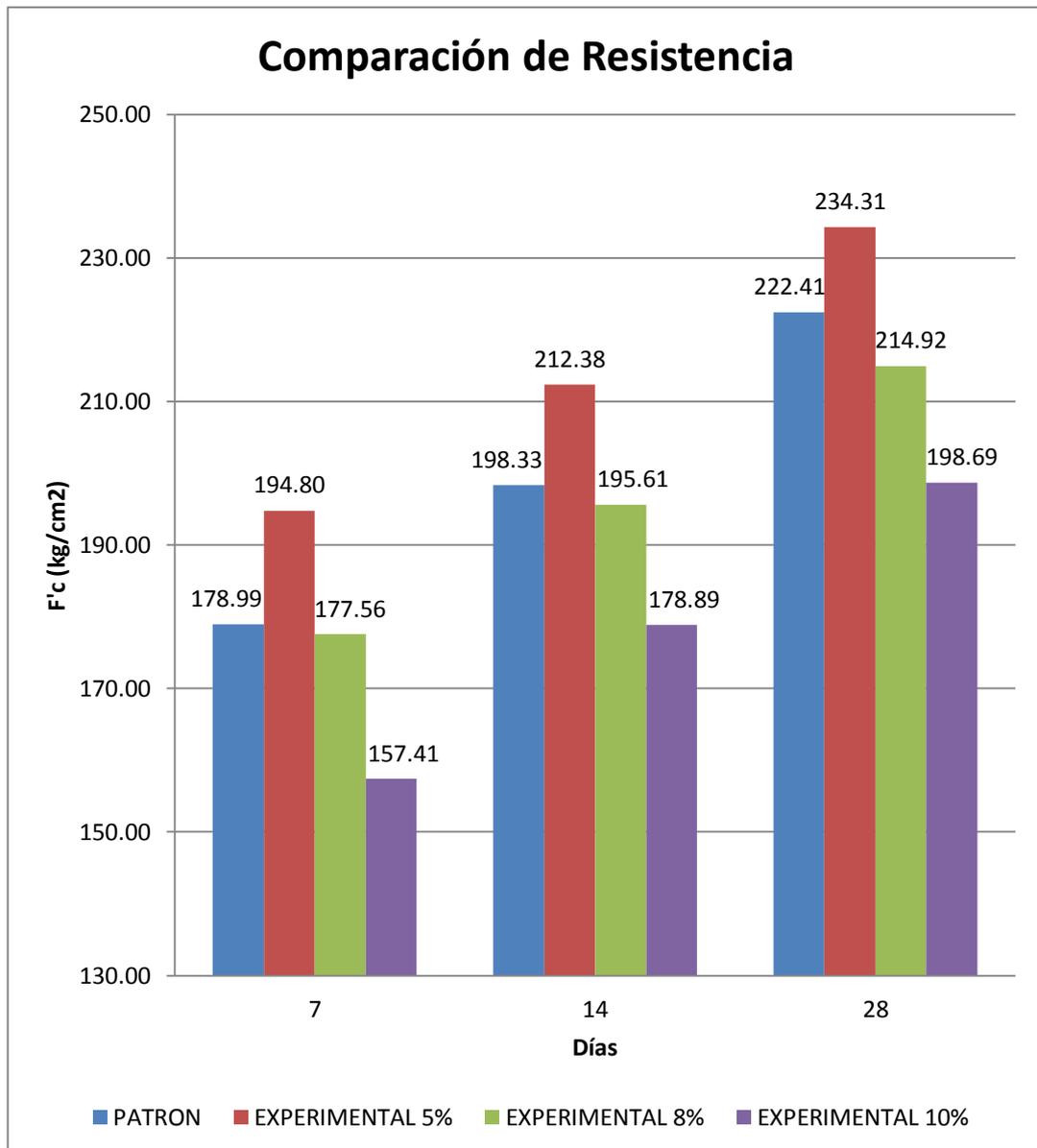


Figura 24. Relación entre resultados promedios de resistencias a la compresión
 Nota. Adaptado del Laboratorio de Mecánica de Suelos -I.C.S. S.A.C. (2021).

Interpretación: Se logra apreciar que la muestra experimental donde se realiza 10% de sustitución, llega alcanzar la mayor resistencia en todas las edades, asimismo es la única muestra experimental que logra superar a la muestra patrón. Asimismo la muestra experimental con 8% de sustitución logra superar a la resistencia de diseño, pero no supera a la muestra patrón. Finalmente la muestra experimental con 10% de sustitución no logra superar a la resistencia de diseño ni a la que presenta la muestra patrón.

V. DISCUSIÓN

Con respecto al Análisis Térmico Diferencial (ATD) de la ceniza de lodo de papel, en el cual se observa con precisión el porcentaje de pérdida que obtiene la masa a lo largo del proceso donde es calcinada y el intervalo de temperatura donde el material empezará a experimentar cambios en su estructura y propiedades. De la figura 2, en la curva de pérdida de masa, el análisis termogravimétrico, se presenta una pérdida de masa del 63% con respecto a la masa que presentaba al inicio, todo esto cuando se alcanza la temperatura máxima, en comparación al antecedente de Hilario, M. (2016), en el cual el porcentaje de pérdida de masa es de un 60% de la masa inicial.

De la figura 3, gracias a la curva calorimétrica se mantienen dos intervalos donde la ceniza de lodo de papel presenta probabilidades de cambios en su estructura y en sus propiedades, la temperatura que produce dicho cambio inicia en los 395° C, escogiendo una temperatura de calcinación de 700° C en relación a este dato.

Con respecto al proceso de calcinación del lodo de papel pre quemado, el tiempo que fue escogido en esta investigación que fue de 2 horas, fue considerado del antecedente de Rodríguez, O. et al. (2009), donde se indicó que la condición más apta para el proceso de calcinación del lodo de papel de todas las que se estudiaron, viéndolo desde la parte puzolánico y energético, fue los 700° C durante 2 horas.

Para el ensayo de Fluorescencia de Rayos X, el cual determina la composición química, el antecedente de Hilario, M. (2016) llegó al 83.35% la suma obtenida de los óxidos principales (óxido de calcio, silicio y aluminio) de la ceniza de lodo de papel, asimismo la temperatura de la calcinación con la que trabajó fue de 700° C durante un periodo de tiempo de 2 horas. Para la presente investigación, según la tabla 15, el total de los óxidos principales llegó a 82.79%, obteniendo una disminución en una poca variación, para la ceniza de lodo de papel que fue calcinada a lo largo del mismo tiempo y con una temperatura equivalente. Ahora comparando los óxidos obtenidos en la presente investigación con la del antecedente de Hilario, M. (2016) se obtiene lo siguiente:

La ceniza de lodo de papel obtenida en la presente investigación supera a la del antecedente en óxido de calcio y trióxido de aluminio en un 58.96% y 4.70% respectivamente, pero es superada en un 34.60% en dióxido de Silicio.

Según la tabla 16, en la cual se compararon los elementos químicos del cemento portland tipo I de marca Pacasmayo y los elementos químicos de la ceniza de lodo de papel utilizada en la presente investigación, se deduce que:

- En porcentaje de Óxido de Calcio, la ceniza de lodo de papel contiene un 1.1% menos al que presenta el cemento portland tipo I.
- Con respecto al Trióxido de Aluminio, la ceniza de lodo de papel sobrepasa al cemento portland tipo I en un 7.64%.
- La ceniza de lodo de papel cuenta con menor porcentaje de Dióxido de Silicio, disminuyendo al cemento portland tipo I en un 12.47%.
- La ceniza de lodo de papel supera en un 11.55% de Óxido de Magnesio al cemento portland tipo I.
- En relación al Azufre y al Hierro, la ceniza de lodo de papel disminuye en un 2.23% y 1.79% respectivamente a comparación con el cemento portland tipo I.
- En el porcentaje de Óxido de Potasio, la ceniza de lodo de papel supera al cemento portland tipo I en un 0.86%.

Considerando los resultados obtenidos, se logra concluir que en referencia a los 3 principales óxidos de la ceniza calcinada suman 82.79%, logrando así un material altamente puzolánico, formando un compuesto con propiedades cementantes cuando entra en contacto con el óxido de calcio.

En relación al ensayo de Ph según la figura 6 y la tabla 17, los resultados indican que la ceniza de lodo de papel se ubica en el rango de alcalinidad con 12.74, mientras que la combinación del 95% de cemento con 5% de ceniza de lodo de papel presenta un nivel de alcalinidad con 12.74, de la misma forma la combinación del 92% de cemento con 8% de ceniza de lodo de papel presenta un grado de alcalinidad con 12.77, mientras que la combinación del 90% de cemento con 10% de ceniza de lodo de papel presenta un rango de alcalinidad con 12.77, siendo las muestras materiales alcalinas, en comparación con el antecedente de Hilario, M. (2016) la ceniza de lodo de papel que utilizó presenta un rango de acidez con 6.90 de Ph, siendo un material no alcalino.

Con respecto a los resultados del ensayo de Ph para las muestras evaluadas en la presente investigación, tanto como la ceniza de lodo de papel y las combinaciones entre el cemento y la ceniza de lodo de papel, se determinó que las muestras se encuentran en un rango de alcalinidad, encontrándose en el rango idéntico del Ph que presenta el cemento portland, de acuerdo al manual de inspecciones técnicas de edificios, el cual detalla que el grado de Ph del cemento portland varía entre los valores de 12.6 a 14, esto contribuirá a la mejoría de la resistencia que obtendrá el concreto, debido a que los materiales que presentan algo grado de alcalinidad, luego de pasar un reducido periodo de curado logran dar como resultado un material con excelentes propiedades cementantes.

En el punto del ensayo de asentamiento (Slump), tanto para el concreto patrón como para los concretos experimentales donde se sustituyó al cemento por ceniza de lodo de papel en un 5%, 8% y 10% respectivamente, se consiguió un asentamiento de 3", el cual se ubica en el rango de 3" a 4", asimismo indica una buena trabajabilidad.

Según la tabla 18, la relación a/c más alta es la del concreto experimental donde se sustituyó al cemento en 10% por ceniza de lodo de papel, asimismo la relación a/c del concreto donde se sustituyó en 8% es mayor a la del concreto donde se sustituyó por 5%, esto es debido a los pesos específicos de las combinaciones que se utilizaron. Se interpreta también que todas las muestras experimentales superan en pesos específicos y relación a/c a la muestra patrón.

Con respecto a la resistencia a la compresión, según la tablas 31, el concreto patrón a los 7 días alcanzó un 85.23% (178.99 kg/cm^2) de la resistencia de diseño, según la tabla 32 para los 14 días alcanzó un 94.44% (198.33 kg/cm^2), mientras que según la tabla 33 para los 28 días alcanzó un 105.91% (222.41 kg/cm^2). La resistencia a la compresión en la etapa de 28 días de curado supera al diseño en un 5.91% (12.41 kg/cm^2), se interpreta también que como el promedio de las tres probetas ensayadas a los 28 días es mayor a la resistencia de diseño, asimismo todas las resistencias obtenidas de las probetas de forma individual no sean menores de la resistencia de diseño en más de 35 kg/cm^2 , concluyendo que los resultados obtenidos son satisfactorios.

Analizando los resultados para el concreto experimental donde se sustituyó al cemento en un 5% por ceniza de lodo de papel, según la tabla 34, el concreto experimental a los 7 días alcanzó un 92.76% (194.80 kg/cm^2) de la resistencia de diseño superando en 7.53% (15.81 kg/cm^2) al concreto patrón, según la tabla 35 para los 14 días alcanzó un 101.13% (212.38 kg/cm^2) superando en 6.69% (14.05 kg/cm^2) al concreto patrón, mientras que según la tabla 36 para los 28 días alcanzó un 111.57% (234.31 kg/cm^2) superando en 5.67% (11.90 kg/cm^2) al concreto patrón. Asimismo, para 28 días supera al diseño en un 11.57% (34.31 kg/cm^2), también el promedio de las 3 probetas ensayadas a los 28 días es mayor a la resistencia de diseño, asimismo todas las resistencias obtenidas de las probetas de forma individual no sean menores de la resistencia de diseño en más de 35 kg/cm^2 , concluyendo que los resultados son satisfactorios.

Para el concreto experimental donde se sustituyó al cemento en un 8% por ceniza de lodo de papel, según la tabla 37, el concreto experimental a los 7 días alcanzó un 84.55% (177.56 kg/cm^2) de la resistencia de diseño, en este caso fue menor en 0.68% (1.42 kg/cm^2) al concreto patrón, según la tabla 38 para los 14 días alcanzó un 93.15% (195.61 kg/cm^2) fue menor en 1.30% (2.72 kg/cm^2) al concreto patrón, mientras que según la tabla 39 para los 28 días alcanzó un 102.34% (214.92 kg/cm^2) fue menor en 3.56% (7.49 kg/cm^2) al concreto patrón. Para todas las edades, este concreto experimental no logró superar al concreto patrón, pero logró superar la resistencia de diseño en un 2.34% (14.92 kg/cm^2). Asimismo, el promedio de las 3 probetas ensayadas a los 28 días superan a la resistencia de diseño, por lo cual se considera satisfactorio.

Con respecto al concreto experimental donde se sustituyó al cemento en un 10% por ceniza de lodo de papel, según la tabla 40, el concreto experimental a los 7 días alcanzó un 74.96% (157.41 kg/cm^2) de la resistencia de diseño, en este caso fue menor en 10.28% (21.58 kg/cm^2) al concreto patrón, según la tabla 41 para los 14 días alcanzó un 85.18% (178.89 kg/cm^2) fue menor en 9.26% (19.44 kg/cm^2) al concreto patrón, mientras que según la tabla 42 para los 28 días alcanzó un 94.62% (198.69 kg/cm^2) fue menor en 11.29% (23.71 kg/cm^2) al concreto patrón. En todas las edades para este concreto experimental no logró superar al concreto patrón, así como también a la resistencia de diseño no logró superarla, ya que a los 28 días está por debajo de ella en 5.38% (11.31 kg/cm^2).

Se analiza que cuando se sustituyó al cemento en 5% por ceniza de lodo de papel se logró mejores resultados sobrepasando resistencias de diseño y a su vez a las resistencias obtenidas del concreto patrón, esto es debido a la interacción de los silicatos que otorgan resistencia a corto y largo plazo, así como también a los aluminatos, los cuales permiten que la reacción química presentada por el silicio y el calcio se acelere, debido a que cuando estos reaccionan con el calcio producen que aumente la velocidad de hidratación, dicho de otra manera, le otorgó un veloz endurecimiento.

A su vez cuando se sustituyó al cemento en 8% por ceniza de lodo de papel no se logró superar la resistencia obtenida por el concreto patrón, pero se logró sobrepasar la resistencia de diseño para los 28 días. También cuando se sustituyó al cemento en 10% por ceniza de lodo de papel no se logró superar las resistencias obtenidas por el concreto patrón, ni a la resistencia de diseño, esto es debido a que se aumentaron los porcentajes de ceniza de lodo de papel, lo cual contiene una cantidad de óxido de potasio elevada a la del cemento portland tipo I, esto generó una mayor absorción de agua en el diseño de mezcla, dando como resultado un aumento de la relación a/c, esto genera que la resistencia a la compresión del concreto presente una disminución. Teniendo en cuenta los antecedentes, según Dreyse, M. (2016) determina que las cenizas provenientes del papel, utilizándolas en bajos porcentajes de remplazo al cemento, aumentan la resistencia a compresión del concreto, por lo cual a menor porcentaje de sustitución se logran concretos más factibles y resistentes.

Finalmente, no se pudo comparar de forma directa los resultados referidos a las resistencias a la compresión logradas en la presente investigación con otro antecedente, ya que no existe investigación que utilizó los mismos porcentajes de sustitución de cemento por ceniza de lodo de papel.

VI. CONCLUSIONES

El ensayo de análisis térmico diferencial (ATD), puntualizó las condiciones de calcinación para el lodo de papel, concluyendo que la temperatura de calcinación fue de 700° C por un tiempo de 2 horas.

Con la realización del ensayo de Ph, la muestra de ceniza de lodo de papel y las muestras de las combinaciones entre el cemento y la ceniza de lodo de papel, están dentro del rango de alcalinidad, concluyendo que ambas muestras son alcalinas.

Con respecto al ensayo de Fluorescencia Rayos X, donde a la ceniza de lodo de papel después de activarla a 700° C por 2 horas, se presenciaron los 3 principales componentes puzolánicos (Calcio, Silicio y Aluminio), los cuales sumándolos demostraron ser un material altamente puzolánico.

En lo relacionado a la relación a/c obtenida del diseño de mezcla, se concluye que a mayor porcentaje de sustitución de cemento por ceniza de lodo de papel, las relaciones a/c aumentan, esto es debido al aumento del potasio, lo cual genera más absorción de agua, asimismo tiene relación al peso específico calculado para cada combinación, dando como resultado una descendencia en las resistencias de las probetas.

En lo que respecta a la resistencia a la compresión, se concluye que las probetas cuando se sustituye al cemento por 5% de ceniza de lodo de papel la resistencia a la compresión superan a la de diseño y a las del concreto patrón, mientras que cuando se sustituye al cemento en un 8% no logra superar al concreto patrón pero supera a la resistencia de diseño, a su vez cuando se sustituye al cemento en 10% no se logra superar ni al concreto patrón, ni a la resistencia de diseño. Concluyendo que a mayor porcentaje de sustitución del cemento por ceniza de lodo de papel, será menor la resistencia a la compresión que se obtenga.

VII. RECOMENDACIONES

Para el ensayo de Análisis Térmico Diferencial (ATD), se recomienda tener cuidado en no contaminar la muestra, asimismo realizar investigaciones donde se utilice diferentes tiempos y temperatura en el proceso de calcinación para la ceniza de lodo de papel, todo esto con el fin de lograr alcanzar mejores valores con respecto a la composición química comparándolo con el cemento Portland Tipo I, y a su vez obtener mejores resistencias en la creación de nuevos concretos.

Se recomienda al momento de realizar las probetas, realizar un buen procedimiento y realizar un buen proceso de compactación con la varilla, ya que esto es fundamental para lograr buenas resistencias del concreto.

Buscar otros materiales para combinar con la ceniza de lodo de papel, como también investigar con otros porcentajes del material evaluado.

Ensayar las probetas a un tiempo de curado de 60, 90 y hasta 120 días para poder visualizar el comportamiento que presenta un concreto convencional con la adición de ceniza de lodo de papel.

REFERENCIAS

Abanto, F. (2009). *Tecnología del Concreto (Teoría y Problemas)*. Editorial San Marcos E.I.R.L. https://kupdf.com/download/tecnologia-del-concreto-flavioabanto_5900eec1dc0d601b20959e9f_pdf

ASPAPPEL (2008). *Guía de Gestión de Residuos (Fábricas de Pasta, Papel y Carbón)*. [Archivo PDF]. <http://www.aspapel.es/sites/default/files/publicaciones/Doc%2084.pdf>

American Society for Testing and Materials – ASTM C 618 (2019). *Especificación normalizada para ceniza volante de carbón y puzolana natural en crudo o calcinada para uso en concreto*. <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/C618-08A-SP.htm>

Dreyse, M. (2016). *Factibilidad de uso de cenizas de lodos residuales provenientes de la fabricación de papel como potencial reemplazante parcial de cemento en la fabricación de hormigones*. [Tesis de Titulación, Universidad de Chile]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile. <https://n9.cl/jsbw>

García, J. (2013). *Conceptos Generales sobre el Concreto y los Materiales para su elaboración*. <https://n9.cl/9cp87>

González, S., Landaverde, A., Romero, C. (2005). *Concreto Autocompactante: Propuesta para el diseño de mezcla, beneficios técnicos y consideraciones básicas para su implementación en El Salvador*. [Tesis de Titulación, Universidad de El Salvador]. Repositorio Institucional de la Universidad de El Salvador. <https://n9.cl/duolq>

Hilario, M. (2016). *Resistencia de un concreto sustituyendo al cemento en un 3% con ceniza de lodo de papel*. [Tesis de Bachiller no publicada]. Universidad San Pedro.

Hilario, M. (2018). *Resistencia de un concreto con cemento sustituido parcialmente por lodo de papel y concha de abanico*. [Tesis de Titulación, Universidad San Pedro]. Repositorio Institucional de la Universidad San Pedro. http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/7996/Tesis_5_9375.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Manual de Ensayo de Materiales – MTC E 203 (2016). *Peso Unitario y Vacíos de los Agregados*. <https://es.scribd.com/document/390518441/MTC-E-203-docx>

Manual de Ensayo de Materiales – MTC E 205 (2016). *Gravedad Específica y Absorción de Agregados Finos*. <https://es.scribd.com/document/377726647/Norma-MTC-E-205-PE-Agreg-Fino>

Manual de Ensayo de Materiales – MTC E 704 (2016). *Resistencia a la Compresión Testigos Cilíndricos*. <https://es.scribd.com/document/428746435/MTC-E-704>

Norma Técnica Peruana – NTP 334.001. (2001). *Cementos. Definiciones y nomenclatura*. https://kupdf.net/download/ntp-334001_59c56f2a08bbc54536687038_pdf

Norma Técnica Peruana – NTP 334.009. (2013). *Cementos Portland. Requisitos*. <https://dokumen.tips/documents/ntp-3340092013-cemento-portland-requisitos.html>

Norma Técnica Peruana – NTP 339.034. (2009). *Hormigón (Concreto). Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo*. <https://es.slideshare.net/MayraAndreaRaveloArc/ntp-339034>

Norma Técnica Peruana – NTP 339.035. (2009). *Hormigón (Concreto). Método de ensayo para medición del asentamiento del concreto de cemento Portland*. <https://es.scribd.com/document/371807372/NTP-339-035-2009-pdf>

Norma Técnica Peruana – NTP 339.185. (2013). *Agregados. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.* <https://n9.cl/22916>

Norma Técnica Peruana – NTP 339.047. (2006). *Hormigón (Concreto). Definiciones y terminología relativas al hormigón y agregados.* <https://dokumen.tips/documents/ntp-339047-2006.html>

Norma Técnica Peruana – NTP 400.012. (2001). *Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.* <https://es.slideshare.net/williamhuachacatorres/norma-tecnica-peruana-agregadoa-400012>

Norma Técnica Peruana – NTP 400.017 (2011). *Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados.* <https://es.scribd.com/document/343664826/NTP-400-017-2011-Agregados-Metodo-de-Ensayo-Para-Determinar-El-Peso-Unitario-Del-Agregado>

Norma Técnica Peruana – NTP 400.022. (2013). *Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.* <https://n9.cl/3gpz>

Norma Técnica Peruana – NTP 400.037. (2014). *Agregados Especificaciones normalizadas para agregados en concreto.* <https://n9.cl/normatecnicaperuana>

Pasquel, E. (1998). *Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú. Colección del Ingeniero Civil.* <https://issuu.com/jj1989/docs/145311372-topicos-de-tecnologia-de->

Proaño, M. (2013). *Fundamentos del Hormigón Simple.* <http://ingenieriaymas.com/2016/06/fundamentos-del-hormigon-simple-marcelo.html>

Rivera, G. (2002). *Concreto Simple*.

<https://inforcivilonline.wordpress.com/2015/05/23/concreto-simple-ing-gerardo-a-rivera-l/>

Rivva, E. (2005). *Concreto – Diseño de Mezclas*. Segunda Edición. Editorial ICG. <https://civilarq.com/libro/disenio-de-mezclas-enrique-rivva-lopez/>

Rodríguez, O., Frias, M., Sánchez, M., García, R., Vigil, R. (2009). *Efecto de la adición de lodos de papel activados térmicamente en las propiedades mecánicas y de porosidad de pastas de cemento*. <https://digital.csic.es/handle/10261/14425>

ANEXOS

ANEXO 01. MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGÍA
¿Cómo influye la sustitución del cemento por ceniza de lodo de papel en un 5%, 8% y 10% en la resistencia a la compresión de un concreto F'c = 210 kg/cm ² ?	Con la sustitución del cemento por ceniza de lodo de papel en un 5%, 8% y 10%, mejorará la resistencia a la compresión de un concreto F'c= 210 kg/cm ² .	<p>Objetivo General:</p> <p>-Determinar la influencia de la sustitución del cemento por ceniza de lodo de papel en 5%, 8% y 10% en la resistencia a la compresión del concreto f'c=210 kg/cm².</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <p>-Determinar la temperatura de calcinación del lodo de papel mediante el ensayo de Análisis Térmico Diferencial (ATD).</p> <p>-Determinar la composición química del lodo de papel realizando el ensayo de Fluorescencia de Rayos X (FRX).</p>	<p>Variable Independiente:</p> <p>Dosificaciones de la ceniza de lodo de papel sustituyendo al cemento.</p>	<p>Tipo de Investigación</p> <p>Tipo aplicada y explicativa, porque los resultados obtenidos explicarán cómo cambia o varía la resistencia a la compresión.</p> <p>Enfoque de Investigación</p> <p>Enfoque cuantitativo, porque se estudia las variables y sus indicadores objetivamente.</p> <p>Diseño de Investigación</p> <p>Diseño experimental de nivel cuasi experimental, porque evaluaremos dos grupos mediante ensayos de laboratorio, donde se obtendrán los resultados para cada grupo.</p>

-Determinar el grado de alcalinidad de la ceniza de lodo de papel y de las combinaciones (95% cemento y 5% ceniza de lodo de papel) (92% cemento y 8% ceniza de lodo de papel) (90% cemento y 10% ceniza de lodo de papel), efectuando la prueba de PH.

-Determinar la relación a/c del concreto $f_c'=210$ kg/cm² patrón y experimental.

-Determinar la resistencia a la compresión a los 7,14 y 28 días de la muestra patrón y de las muestras experimentales y comparar resultados.

Variable

Dependiente:

Resistencia a la compresión del concreto.

Población

Conjunto de probetas, con diseño de concreto $F'_c= 210$ kg/cm² indicada en el reglamento N.T.P.

Muestra

La muestra estará constituida por 36 probetas.

Técnica de Investigación

Observación científica, ya que con ella podemos apreciar, ver u analizar un objeto de estudio o una situación determinada

Instrumento de Investigación

La guía de observación para poder evidenciar y hacer la toma de datos en fichas técnicas de los ensayos de laboratorio.

ANEXO 02. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable					
Independiente:					
Dosificaciones de la ceniza de lodo de papel sustituyendo al cemento.	La agrupación práctica y ahorrativa de agregados, cemento y agua es definida como dosificación de la mezcla de concreto, la cual requiere adquirir una manejabilidad, que al momento de endurecer posee resistencia y durabilidad. (Rivera G., 2002, p. 169).	Es aquella mezcla de concreto, donde la ceniza de lodo de papel en proporciones de 5%, 8% y 10% sustituirá al cemento, de acuerdo a las normas establecidas para la elaboración del concreto, Norma MTC E 702.	Porcentaje de ceniza de lodo de papel.	5% 8% 10%	La variable por sus valores es una variable cuantitativa, a su vez por su escala de medición es una variable por razón.

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Dependiente:					
Resistencia a la compresión del concreto.	Cuando el concreto presenta su estado endurecido se logra esta propiedad, la cual es la capacidad que presenta el concreto para resistir cargas de compresión, asimismo se utilizan probetas a las cuales se le aplica una carga axial hasta que se presente fallas. (MTC E 704, 2016, p. 789).	En primer lugar, se asigna una carga axial de compresión a las probetas, este proceso se ejecuta a una marcha estandarizada en un rango, todo ello hasta la presencia de una falla. Para calcular el valor de la resistencia, se debe dividir la carga máxima aplicada, entre el área donde se realizó el contacto. (NTP 339.034, 2009).	-Carga Axial. -Área de contacto	Kg / cm ²	La variable por sus valores es una variable cuantitativa, a su vez por su escala de medición es una variable por razón.

ANEXO 03. ENSAYO DE ANÁLISIS TÉRMICO DINÁMICO DE LA CENIZA DE LODO DE PAPEL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Polímeros

Trujillo, 11 de noviembre del 2019

INFORME N° 85 - NOV -19

Solicitante: Jefferson Pérez LLauce – Universidad San Pedro

RUC/DNI:

Supervisor:

1. MUESTRA: Lodo de papel (1.0 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	P-85N	15.6 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 – 810 °C.
- Masa de muestra analizada: 15.6 mg.

Jefe de Laboratorio: Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable: Ing. Danny Chávez Novoa

Tel.: 44-203510/949790880/958669003 damechavez@hotmail.com / Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria / Trujillo, Perú



[Handwritten signature]

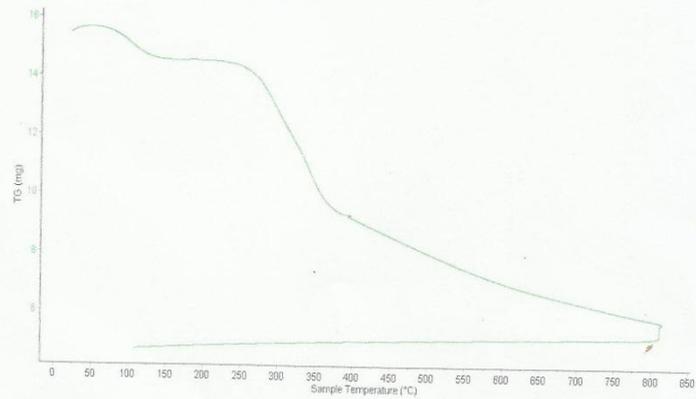


Trujillo, 11 de noviembre del 2019

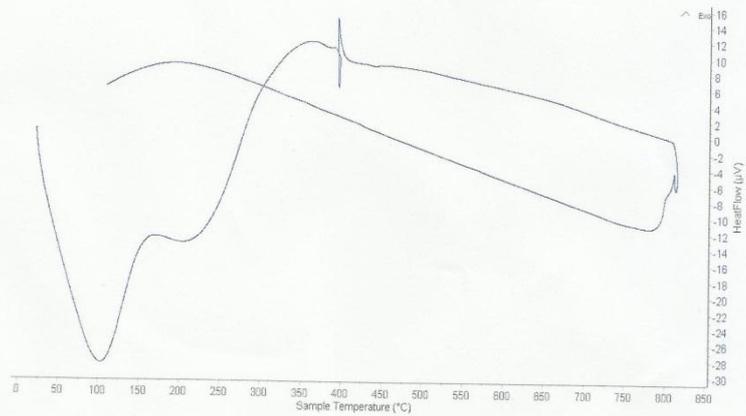
INFORME N° 85 - NOV -19

4. Resultados:

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



II- Curva Calorimétrica DSC



[Handwritten signature]



Trujillo, 11 de noviembre del 2019

INFORME N° 85 - NOV -19

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra dos caídas de la masa, la primera caída es leve y se da en un rango entre 80 y 110°C, y la más importante, la segunda, se da entre 250 y 360°C, posteriormente la caída es lenta, hasta llegar a perder un total de 63% 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 210°C, posteriormente, se muestra un ligero pico de absorción térmica a 395°C que es una temperatura de cambio estructural y de las características del material.

Trujillo, 11 de noviembre del 2019



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

ANEXO 04. ENSAYO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X – CENIZA DE LODO DE PAPEL



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



INFORME TÉCNICO N° 2231 – 19 – LABICER

1. DATOS DEL SOLICITANTE
 - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : JEFFERSON MICHEL PÉREZ LLAUCE
 - 1.2 D.N.I. : 76126910
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
 - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 05 / 12 / 2019
 - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 10 / 12 / 2019
 - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 12 / 12 / 2019
3. ANÁLISIS SOLICITADO : ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE
 - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE CENIZAS DE LODO DE PAPEL
 - 4.2 TEMA : "RESISTENCIA DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR CENIZA DE LODO DE PAPEL EN UN 10%"
5. LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 22.0°C; Humedad relativa: 65%
7. EQUIPO UTILIZADO : ESPECTRÓMETRO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X SHIMADZU, EDX 800HS.

8. RESULTADOS

8.1 ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA ELEMENTAL

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADOS, % ⁽¹⁾	MÉTODO UTILIZADO
Calcio, Ca	80.68	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X
Magnesio, Mg	5.84	
Aluminio, Al	5.40	
Silicio, Si	4.87	
Azufre, S	1.32	
Hierro, Fe	1.22	
Potasio, K	0.36	
Estroncio, Sr	0.33	

⁽¹⁾ Balance de resultados del análisis elemental (del sodio al uranio) por espectrometría de fluorescencia de rayos X.

8.2 ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADO EN ÓXIDOS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADOS, % ⁽¹⁾	MÉTODO UTILIZADO
Óxido de calcio, CaO	61.92	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X
Óxido de aluminio, Al ₂ O ₃	13.84	
Óxido de magnesio, MgO	13.68	
Óxido de silicio, SiO ₂	7.03	
Óxido de potasio, K ₂ O	1.56	
Óxido de hierro, Fe ₂ O ₃	1.51	
Óxido de azufre, SO ₃	0.27	
Óxido de estroncio, SrO	0.19	

⁽¹⁾ Balance de resultados de óxidos calculados del análisis elemental (del sodio al uranio) por espectrometría de fluorescencia de rayos X.

9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

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


Bach. Kevin Sullca
Analista
LABICER –UNI


Ojía Acha de la Cruz
Responsable de Análisis
Jefa de Laboratorio
CQP 202

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

ANEXO



FIGURA N°1. Muestra analizada de cenizas de lodo de papel.

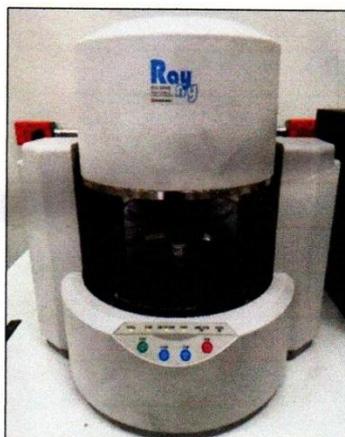


FIGURA N°2. Espectrómetro de fluorescencia de Rayos X de energía dispersiva.



ANEXO 06. ENSAYOS DE LABORATORIO

AGREGADO FINO – ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



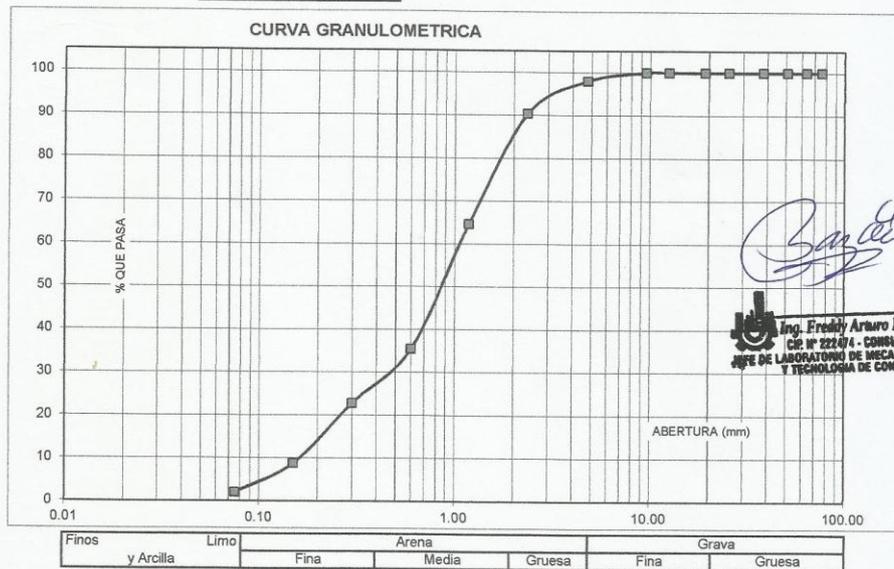
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO (ASTM C 136-06)

SOLICITA : BACH. PEREZ LLAUCE JEFFERSON MICHEL Y BACH. RODRIGUEZ RODRIGUEZ CESAR AUGUSTO
 TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO $F'c=210\text{kg/cm}^2$ SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 5%, 8% Y 10% POR CENIZA DE LODO DE PAPEL
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
 CANTERA : RUBEN
 MATERIAL : ARENA GRUESA
 FECHA : 25/10/2021

TAMIZ	Abert.(mm)	Peso retenido (gr.)	% ret. Parcial (%)	% ret. Acumu. (%)	% Que pasa (gr.)
Nº					
3"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.52	0.0	0.0	0.0	100.0
Nº 4	4.76	21.0	2.0	2.0	98.0
Nº 8	2.36	80.6	7.6	9.6	90.4
Nº 16	1.18	274.0	25.8	35.3	64.7
Nº 30	0.60	309.0	29.1	64.4	35.6
Nº 50	0.30	135.0	12.7	77.1	22.9
Nº 100	0.15	149.0	14.0	91.2	8.8
Nº 200	0.08	72.0	6.8	97.9	2.1
PLATO	ASTM C-117-04	22	2.1	100.0	0.0
TOTAL		1062.6	100.0		

PROPIEDADES FISICAS	
Módulo de Fineza	2.80

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.




Ing. Freddy Arturo Basán Roncal
 CP: N° 222476 - CONSULTOR: C110773
 JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 AV. VILLA SAN LUIS CHIMBOTE-PERÚ - yaksiguesanchez112021@gmail.com.43 - 912433986



AGREGADO FINO – PESO UNITARIO



PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

SOLICITA : BACH. PEREZ LLAUCE JEFFERSON MICHEL Y BACH. RODRIGUEZ RODRIGUEZ CESAR AUGUSTO
 TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO $F'c=210\text{kg/cm}^2$ SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 5%, 8% Y 10% POR CENIZA DE LODO DE PAPEL
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
 CANTERA : RUBEN
 MATERIAL : ARENA GRUESA
 FECHA : 25/10/2021

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7800	7600	7600
Peso de molde	3360	3360	3360
Peso de muestra	4440	4240	4240
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m ³)	1593	1521	1521
Peso unitario prom. (Kg/m ³)	1545		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1629		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8200	8300	8300
Peso de molde	3360	3360	3360
Peso de muestra	4840	4940	4940
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m ³)	1736	1772	1772
Peso unitario prom. (Kg/m ³)	1760		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1742		

Bazán


 Ing. Freddy Arturo Bazán Rancel
 CIP: N° 222674 - CONSULTOR: C110773
 JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
 Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 AV. VILLA SAN LUIS CHIMBOTE-PERÚ - yaksiguesanchez112021@gmail.com.43 - 912433986



AGREGADO FINO – GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN



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

SOLICITA : BACH. PEREZ LLAUCE JEFFERSON MICHEL Y BACH. RODRIGUEZ RODRIGUEZ CESAR AUGUSTO
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO $F'c=210\text{kg/cm}^2$ SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 5%, 8% Y 10% POR
CENIZA DE LODO DE PAPEL
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 25/10/2021

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire) gr.	300.00	300.00
B	Peso de picnometro + agua gr.	673.00	673.00
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A+B) cm^3	973.00	973.00
D	Peso de picnometro + agua + material gr.	862.00	862.00
E	Volumen de masa + volumen de vacios (C-D) cm^3	111.00	111.00
F	Peso de material seco en estufa gr.	297.70	297.70
G	Volumen de masa (E-(A-F))	108.70	108.70
H	P.e. Bulk (Base Seca) F/E	2.682	2.682
I	P.e. Bulk (Base Saturada) A/E	2.703	2.703
J	P.e. Aparente (Base Seca) F/E	2.739	2.739
K	Absorción (%) $((D-A)/A) \times 100$	0.77	0.77

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.682
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.703
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.739
Absorción (%) : 0.77

Ing. Freddy Arturo Benda Remol
CIR N° 222474 - CONSULTOR C110779
JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
AV. VILLA SAN LUIS CHIMBOTE-PERÚ - yaksiguesanchez112021@gmail.com.43 - 912433986



AGREGADO FINO – CONTENIDO DE HUMEDAD



CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO

(ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH. PEREZ LLAUCE JEFFERSON MICHEL Y BACH. RODRIGUEZ RODRIGUEZ CESAR AUGUSTO
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO $f'c=210\text{kg/cm}^2$ SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 5%, 8% Y 10% POR
CENIZA DE LODO DE PAPEL
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 25/10/2021

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	960	750
TARA + SUELO SECO (gr)	952	744
PESO DEL AGUA (gr)	8	6
PESO DE LA TARA (gr)	165	168
PESO DEL SUELO SECO (gr)	787	576
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1.02	1.04
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	1.03	

Ing. Freddy Arturo Basón Rosal
C.R. N° 222474 - CONSULTOR: C118778
JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
AV. VILLA SAN LUIS CHIMBOTE-PERÚ - yaksiguesanchez112021@gmail.com.43 - 912433986



AGREGADO GRUESO – ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



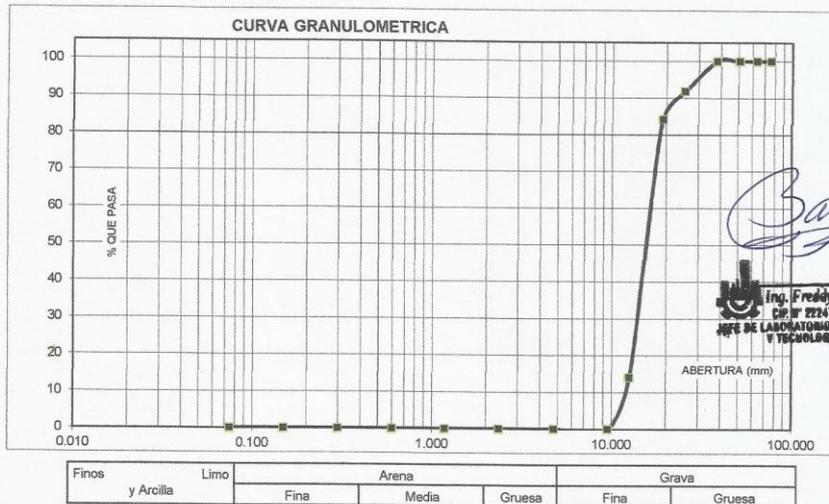
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO (ASTM C 136-06)

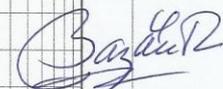
SOLICITA : BACH. PEREZ LLAUCE JEFFERSON MICHEL Y BACH. RODRIGUEZ RODRIGUEZ CESAR AUGUSTO
 TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO $f'c=210\text{kg/cm}^2$ SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 5%, 8% Y 10% POR
 CENIZA DE LODO DE PAPEL
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
 CANTERA : RUBEN
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
 FECHA : 25/10/2021

TAMIZ	Abert.(mm)	Peso retenido (gr.)	% ret. Parcial (%)	% ret. Acumu. (%)	% Que pasa (gr.)
N°					
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	85.0	8.2	8.2	91.8
3/4"	19.100	79.0	7.6	15.9	84.1
1/2"	12.500	725.0	70.1	86.0	14.0
3/8"	9.520	145.0	14.0	100.0	0.0
N° 4	4.760	0.0	0.0	100.0	0.0
N°8	2.360	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 16	1.180	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 30	0.600	0.0	0.0	100.0	0.0
N°50	0.300	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 100	0.150	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 200	0.075	0.0	0.0	100.0	0.0
PLATO	ASTM C-117-04	0	0.0	100.0	0.0
TOTAL		1034.0	100.0		

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

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.




Ing. Freddy Arturo Bazán Rancal
 CIP N° 222474 - CONSULTOR: C110773
 JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
 Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 AV. VILLA SAN LUIS CHIMBOTE-PERÚ - yaksiguesanchez112021@gmail.com.43 - 912433986



AGREGADO GRUESO – PESO UNITARIO



PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

SOLICITA : BACH. PEREZ LLAUCE JEFFERSON MICHEL Y BACH. RODRIGUEZ RODRIGUEZ CESAR AUGUSTO
 TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO $F_c=210\text{kg/cm}^2$ SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 5%, 8% Y 10% POR CENIZA DE LODO DE PAPEL
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
 CANTERA : RUBEN
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
 FECHA : 25/10/2021

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	18200	18050	18050
Peso de molde	5100	5100	5100
Peso de muestra	13100	12950	12950
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario (Kg/m ³)	1400	1384	1384
Peso unitario prom. (Kg/m ³)		1390	
CORREGIDO POR HUMEDAD		1384	

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	19150	19400	19400
Peso de molde	5100	5100	5100
Peso de muestra	14050	14300	14300
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario (Kg/m ³)	1502	1529	1529
Peso unitario prom. (Kg/m ³)		1520	
CORREGIDO POR HUMEDAD		1514	

Ing. Freddy Arturo Bazán Rancal
 CIP. N° 222474 - CONSULTOR: C110773
 JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
 Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 AV. VILLA SAN LUIS CHIMBOTE-PERÚ - yaksiguesanchez112021@gmail.com.43 - 912433986



AGREGADO GRUESO – GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN



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

SOLICITA : BACH. PEREZ LLAUCE JEFFERSON MICHEL Y BACH. RODRIGUEZ RODRIGUEZ CESAR AUGUSTO
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO $F'c=210\text{kg/cm}^2$ SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 5%, 8% Y 10% POR CENIZA DE LODO DE PAPEL
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 25/10/2021

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	782.30	822.00
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	513.70	542.00
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A-B)	268.60	280.00
D	Peso de material seco en estufa	776.90	816.70
E	Volumen de masa (C-(A-D))	263.20	274.70
G	P.e. Bulk (Base Seca) D/C	2.892	2.917
H	P.e. Bulk (Base Saturada) A/C	2.913	2.936
I	P.e. Aparente (Base Seca) D/E	2.952	2.973
F	Absorción (%) $((D-A)/A) \times 100$	0.70	0.65

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.905
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.924
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.962
Absorción (%) : 0.67

Ing. Freddy Arturo Masón Rancal
CP N° 222674 - CONSULTOR: C110773
JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
AV. VILLA SAN LUIS CHIMBOTE-PERÚ - yaksiguesanchez112021@gmail.com.43 - 912433986



AGREGADO GRUESO – CONTENIDO DE HUMEDAD



CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO

(ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH. PEREZ LLAUCE JEFFERSON MICHEL Y BACH. RODRIGUEZ RODRIGUEZ CESAR AUGUSTO
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO $F'c=210\text{kg/cm}^2$ SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 5%, 8% Y 10% POR CENIZA DE LODO DE PAPEL
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 25/10/2021

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1280	1255
TARA + SUELO SECO (gr)	1275	1250
PESO DEL AGUA (gr)	5	5
PESO DE LA TARA (gr)	0	0
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1275	1250
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.39	0.40
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.40	

 Ing. Freddy Arturo Bazán Rancal
CIP. N° 222676 - CONSULTOR: C110773
JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
AV. VILLA SAN LUIS CHIMBOTE-PERÚ - yaksiguesanchez112021@gmail.com.43 - 912433986



PESOS ESPECÍFICOS



DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

(Frasco de Le Chaletier)

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

SOLICITA : BACH. PEREZ LLAUCE JEFFERSON MICHEL Y BACH. RODRIGUEZ RODRIGUEZ CESAR AUGUSTO
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO $F'_c=210\text{kg/cm}^2$ SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 5%, 8% Y 10% POR
CENIZA DE LODO DE PAPEL
MATERIAL : 100% de Ceniza de lodo de papel
FECHA : 25/10/2021

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	21.00	21.00
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	21.00	21.00
PESO ESPECIFICO		3.048	3.048
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	(gr / cm ³)	3.048	

**Ing. Freddy Arturo Bazán Rosal**
CP. N° 222474 - CONSULTOR: C118770
JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
AV. VILLA SAN LUIS CHIMBOTE-PERÚ - yaksiguesanchez112021@gmail.com.43 - 912433986





DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

(Frasco de Le Chaletair)

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

SOLICITA : BACH. PEREZ LLAUCE JEFFERSON MICHEL Y RODRIGUEZ RODRIGUEZ CESAR AUGUSTO
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO $F'c=210\text{kg/cm}^2$ SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 5%, 8% Y 10% POR
CENIZA DE LODO DE PAPEL
MATERIAL : 5% de Ceniza de lodo de papel +95% de cemento
FECHA : 25/10/2021

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	19.72	19.72
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	19.72	19.72
PESO ESPECIFICO		3.245	3.245
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	(gr / cm ³)	3.245	

Ing. Freddy Arturo Ramos Escobar
CIP. N° 222474 - CONSULTOR: C119770
JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
AV. VILLA SAN LUIS CHIMBOTE-PERÚ - yaksiguesanchez112021@gmail.com.43 - 912433986





DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

(Frasco de Le Chaletier)

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

SOLICITA : BACH. PEREZ LLAUCE JEFFERSON MICHEL Y RODRIGUEZ RODRIGUEZ CESAR AUGUSTO
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO $F'c=210\text{kg/cm}^2$ SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 5%, 8% Y 10% POR
CENIZA DE LODO DE PAPEL
MATERIAL : 8% de Ceniza de lodo de papel +92% de cemento
FECHA : 25/10/2021

PRUEBA N°	01	02
FRASCO N°		
LECTURA INICIAL (ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL (ml)	19.90	19.90
PESO DE MUESTRA (gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO (ml)	19.90	19.90
PESO ESPECIFICO	3.216	3.216
PESO ESPECIFICO PROMEDIO (gr / cm ³)	3.216	


Ing. Freddy Arango Basán Rencán
CP. N° 222474 - CONSULTOR: C110770
MPS DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
AV. VILLA SAN LUIS CHIMBOTE-PERÚ - yaksiguesanchez112021@gmail.com.43 - 912433986





DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

(Frasco de Le Chaletier)

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

SOLICITA : BACH. PEREZ LLAUCE JEFFERSON MICHEL Y BACH. RODRIGUEZ RODRIGUEZ CESAR AUGUSTO
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO $F'c=210\text{kg/cm}^2$ SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 5%, 8% Y 10% POR
CENIZA DE LODO DE PAPEL
MATERIAL : 10% de Ceniza de lodo de papel +90% de cemento
FECHA : 25/10/2021

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	19.00	19.00
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	19.00	19.00
PESO ESPECIFICO		3.368	3.368
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	(gr / cm ³)	3.368	

 Ing. Freddy Arturo Basán Rosoni
C.P. N° 222474 - CONSULTOR: C118778
AV. DE LABORATORIO DE MECANICA DE SOBRES
Y TECNOLOGIA DE CONCRETOS

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
AV. VILLA SAN LUIS CHIMBOTE-PERÚ - yaksiguesanchez112021@gmail.com.43 - 912433986



DISEÑO DE MEZCLA – CONCRETO PATRÓN



DISEÑO DE MEZCLA

SOLICITA : BACH. PEREZ LLAUCE JEFFERSON MICHEL Y BACH. RODRIGUEZ RODRIGUEZ CESAR AUGUSTO
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO $F_c=210\text{kg/cm}^2$ SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 5%, 8% Y 10% POR CENIZA DE LODO DE PAPEL
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
FECHA : 25/10/2021

ESPECIFICACIONES

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

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso especifico 3.10

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

CANTERA : RUBEN

- Peso especifico de masa 2.68
- Peso unitario suelto 1529 kg/m^3
- Peso unitario compactado 1742 kg/m^3
- Contenido de humedad 1.03 %
- Absorción 0.77 %
- Módulo de fineza 2.80

D.- Agregado grueso

CANTERA : RUBEN

- Piedra, perfil angular 3/4"
- Tamaño Máximo Nominal 3/4"
- Peso especifico de masa 2.90
- Peso unitario suelto 1384 kg/m^3
- Peso unitario compactado 1514 kg/m^3
- Contenido de humedad 0.40 %
- Absorción 0.67 %

Ing. Freddy Arturo Rosón Rosón
CIP N° 222474 - CONSULTOR EN
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

AV. VILLA SAN LUIS CHIMBOTE-PERÚ - yaksiguesanchez112021@gmail.com.43 - 912433986





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/m3
Agua efectiva.....	205.146	lts/m3
Agregado fino.....	962.444	kg/m3
Agregado grueso.....	942.192	kg/m3

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{299.71}{299.71} : \frac{962.444}{299.71} : \frac{942.19}{299.71}$$

1 : 3.21 : 3.14 : 29.09 lts / bolsa

PROPORCIONES EN VOLUMEN

1 : 3.12 : 3.39 : 29.09 lts / bolsa



Ing. Freddy Arturo Basso Revocal
C.R. N° 22474 - CONSULTOR: C116778
JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y TECNOLOGÍA DE CONCRETO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
AV. VILLA SAN LUIS CHIMBOTE-PERÚ - yaksiguesanchez112021@gmail.com.43 - 912433986



DISEÑO DE MEZCLA – CONCRETO EXPERIMENTAL 5%



DISEÑO DE MEZCLA (5% SUSTITUCION DEL CEMENTO)

SOLICITA : BACH. PEREZ LLAUCE JEFFERSON MICHEL Y BACH. RODRIGUEZ RODRIGUEZ CESAR
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO $F'c=210\text{kg/cm}^2$ SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 5%, 8% Y 10% POR CENIZA DE LODO DE PAPEL
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
FECHA : 25/10/2021

ESPECIFICACIONES

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

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso específico 3.24

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

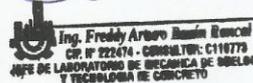
CANTERA : RUBEN

- Peso específico de masa 2.68
- Peso unitario suelto 1529 kg/m^3
- Peso unitario compactado 1742 kg/m^3
- Contenido de humedad 1.03 %
- Absorción 0.77 %
- Módulo de fineza 2.80

D.- Agregado grueso

CANTERA : RUBEN

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 1"
- Peso específico de masa 2.90
- Peso unitario suelto 1384 kg/m^3
- Peso unitario compactado 1514 kg/m^3
- Contenido de humedad 0.40 %
- Absorción 0.67 %



Ing. Freddy Arango
CIP. N° 222474 - CONSULTOR: C110779
JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
AV. VILLA SAN LUIS CHIMBOTE-PERÚ - yaksiguesanchez112021@gmail.com.43 - 912433986





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 maximo nominal de 1" , el volumen unitario de agua es de 193 lt/m³ .

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m³)	0.092
5% Ceniza de lodo papel.....	(m³)	0.005
Agua efectiva.....	(m³)	0.205
Agregado fino.....	(m³)	0.355
Agregado grueso.....	(m³)	0.323
Aire.....	(m³)	0.020
		1.000 m³

PESOS SECOS

Cemento.....	284.72 kg/m3
5% Ceniza de lodo papel.....	14.985 kg/m3
Agua efectiva.....	205.00 lts/m3
Agregado fino.....	952.64 kg/m3
Agregado grueso.....	938.48 kg/m3

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	284.72 kg/m3
5% Ceniza de lodo papel.....	14.985 kg/m3
Agua efectiva.....	206.55 lts/m3
Agregado fino.....	962.44 kg/m3
Agregado grueso.....	942.19 kg/m3

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{299.71}{299.71} : \frac{962.444}{299.71} : \frac{942.19}{299.71} :$$

$$1 : 3.21 : 3.14 :$$

29.29 lts / bolsa

Ing. Freddy Arturo Bazán Rencos
 C.R. N° 22474 - CONSULTOR: C110778
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
 Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{284.72}{284.72} : \frac{14.985}{284.72} : \frac{962.44}{284.72} : \frac{942.19}{284.72}$$

$$1 : 0.05 : 3.38 : 3.31$$

29.29 lts / bolsa

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

AV. VILLA SAN LUIS CHIMBOTE-PERÚ - yaksiguesanchez112021@gmail.com.43 - 912433986



DISEÑO DE MEZCLA – CONCRETO EXPERIMENTAL 8%



DISEÑO DE MEZCLA (8% SUSTITUCION DEL CEMENTO)

SOLICITA : BACH. PEREZ LLAUCE JEFFERSON MICHEL Y BACH. RODRIGUEZ RODRIGUEZ CESAR
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO $F'c=210\text{kg/cm}^2$ SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 5%, 8% Y 10% POR CENIZA DE LODO DE PAPEL
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
FECHA : 25/01/2021

ESPECIFICACIONES

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

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso especifico 3.21

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

CANTERA : RUBEN

- Peso especifico de masa 2.68
- Peso unitario suelto 1529 kg/m^3
- Peso unitario compactado 1742 kg/m^3
- Contenido de humedad 1.03 %
- Absorción 0.77 %
- Módulo de fineza 2.80

D.- Agregado grueso

CANTERA : RUBEN

- Piedra, perfil angular 1"
- Tamaño Máximo Nominal 1"
- Peso especifico de masa 2.90
- Peso unitario suelto 1384 kg/m^3
- Peso unitario compactado 1514 kg/m^3
- Contenido de humedad 0.40 %
- Absorción 0.67 %

Ing. Freddy Arturo Baza Baza
C.P. N° 172474 - CONSULTOR: C110770
OFICINA DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
AV. VILLA SAN LUIS CHIMBOTE-PERÚ - yaksiguesanchez112021@gmail.com.43 - 912433986





SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

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

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

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

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m³)	0.089
8% Ceniza de lodo papel.....	(m³)	0.008
Agua efectiva.....	(m³)	0.205
Agregado fino.....	(m³)	0.355
Agregado grueso.....	(m³)	0.323
Aire.....	(m³)	0.020
		1.000 m³

PESOS SECOS

Cemento.....	275.73	kg/m3
8% Ceniza de lodo papel.....	23.977	kg/m3
Agua efectiva.....	205.00	lts/m3
Agregado fino.....	952.64	kg/m3
Agregado grueso.....	938.48	kg/m3

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	275.73	kg/m3
8% Ceniza de lodo papel.....	23.977	kg/m3
Agua efectiva.....	208.00	lts/m3
Agregado fino.....	962.44	kg/m3
Agregado grueso.....	942.19	kg/m3

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{299.71}{299.71} : \frac{962.444}{299.71} : \frac{942.19}{299.71} :$$

$$1 : 3.21 : 3.14 :$$

29.50 lts / bolsa

Freddie

Ing. Freddie Arturo Bazán Buncal
 CIP N° 222476 - CONSULTOR: C116779
 JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 Y TECNOLOGÍA DE CONCRETO

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{275.73}{275.73} : \frac{23.977}{275.73} : \frac{962.44}{275.73} : \frac{942.19}{275.73}$$

$$1 : 0.09 : 3.49 : 3.42$$

29.50 lts / bolsa

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

AV. VILLA SAN LUIS CHIMBOTE-PERÚ - yaksiguesanchez112021@gmail.com.43 - 912433986



DISEÑO DE MEZCLA – CONCRETO EXPERIMENTAL 10%



DISEÑO DE MEZCLA (10% SUSTITUCION DEL CEMENTO)

SOLICITA : BACH. PEREZ LLAUCE JEFFERSON MICHEL Y BACH. RODRIGUEZ RODRIGUEZ CESAR
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO $F'c=210\text{kg/cm}^2$ SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 5%, 8% Y 10% POR CENIZA DE LODO DE PAPEL
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
FECHA : 25/10/2021

ESPECIFICACIONES

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

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso especifico 3.36

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.- Agregado Fino :

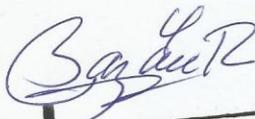
CANTERA : RUBEN

- Peso especifico de masa 2.68
- Peso unitario suelto 1529 kg/m^3
- Peso unitario compactado 1742 kg/m^3
- Contenido de humedad 1.03 %
- Absorción 0.77 %
- Módulo de fineza 2.80

D.- Agregado grueso

CANTERA : RUBEN

- Piedra, perfil angular 1"
- Tamaño Máximo Nominal
- Peso especifico de masa 2.90
- Peso unitario suelto 1384 kg/m^3
- Peso unitario compactado 1514 kg/m^3
- Contenido de humedad 0.40 %
- Absorción 0.67 %


Ing. Freddy Arturo Hazón Rangel
CIP 17 222474 - CONSULTOR: C116773
JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
AV. VILLA SAN LUIS CHIMBOTE-PERÚ - yaksiguesanchez112021@gmail.com.43 - 912433986





SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

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

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

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

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m³)	0.087
10% Ceniza de lodo papel	(m³)	0.010
Agua efectiva.....	(m³)	0.205
Agregado fino.....	(m³)	0.355
Agregado grueso.....	(m³)	0.323
Aire.....	(m³)	0.020
		1.000 m³

PESOS SECOS

Cemento.....	269.74	kg/m3
10% Ceniza de lodo papel.....	29.971	kg/m3
Agua efectiva.....	205.00	lts/m3
Agregado fino.....	952.64	kg/m3
Agregado grueso.....	938.48	kg/m3

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	269.74	kg/m3
10% Ceniza de lodo papel.....	29.971	kg/m3
Agua efectiva.....	211.31	lts/m3
Agregado fino.....	962.44	kg/m3
Agregado grueso.....	942.19	kg/m3

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{299.71}{299.71} : \frac{962.444}{299.71} : \frac{942.19}{299.71} :$$

$$1 : 3.21 : 3.14 :$$

29.96 lts / bolsa

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{269.74}{269.74} : \frac{29.971}{269.74} : \frac{962.44}{269.74} : \frac{942.19}{269.74}$$

$$1 : 0.11 : 3.57 : 3.49$$

29.96 lts / bolsa

Ing. Freddy Arturo Bazán Balcón

Ing. Freddy Arturo Bazán Balcón
 CIP. N° 922476 - CONSULTOR: C110773
 JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 Y TECNOLOGÍA DE CONCRETO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

AV. VILLA SAN LUIS CHIMBOTE-PERÚ - yaksiguesanchez112021@gmail.com.43 - 912433986



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA : BACH. PEREZ LLAUCE JEFFERSON MICHEL Y BACH. RODRIGUEZ RODRIGUEZ CESAR AUGUSTO
 TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO $f'c=210\text{kg/cm}^2$ SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 5%, 8% Y 10% POR
 CENIZA DE LODO DE PAPEL
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 FECHA : 25/10/2021

$f'c$: 210 Kg/cm^2

N°	TESTIGO	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F'c
	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/cm^2	(%)
01	PATRON	-	28/12/2021	04/01/2022	7	180.73	86.06
02	PATRON	-	28/12/2021	04/01/2022	7	177.69	84.62
03	PATRON	-	28/12/2021	04/01/2022	7	178.54	85.02
04	PATRON	-	28/12/2021	11/01/2022	14	198.96	94.74
05	PATRON	-	28/12/2021	11/01/2022	14	196.41	93.53
06	PATRON	-	28/12/2021	11/01/2022	14	199.62	95.06
07	PATRON	-	28/12/2021	25/01/2022	28	221.70	105.57
08	PATRON	-	28/12/2021	25/01/2022	28	224.06	106.69
09	PATRON	-	28/12/2021	25/01/2022	28	221.47	105.46

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

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

Ing. Freddy Arturo Razon Bernal
 CIP: N° 222474 - CONSULTOR: C110773
 JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
 • • • CHIMBOTE • • •

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 AV. VILLA SAN LUIS CHIMBOTE-PERU - yaksiguesanchez112021@gmail.com.43 - 912433986





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL 5%

SOLICITA : BACH. PEREZ LLAUCE JEFFERSON MICHEL Y BACH. RODRIGUEZ RODRIGUEZ CESAR AUGUSTO
 TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO $F_c=210\text{kg/cm}^2$ SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 5%, 8% Y 10% POR CENIZA DE LODO DE PAPEL
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 FECHA : 25/10/2021

F^c : 210 Kg/cm²

N°	TESTIGO ELEMENTO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/Cm ²	FC/F ^c (%)
			MOLDEO	ROTURA			
01	EXPERIMENTAL	-	18/01/2021	25/01/2021	7	192.64	91.74
02	EXPERIMENTAL	-	18/01/2021	25/01/2021	7	198.25	94.40
03	EXPERIMENTAL	-	18/01/2021	25/01/2021	7	193.50	92.14
04	EXPERIMENTAL	-	18/01/2021	01/02/2021	14	210.19	100.09
05	EXPERIMENTAL	-	18/01/2021	01/02/2021	14	215.60	102.67
06	EXPERIMENTAL	-	18/01/2021	01/02/2021	14	211.35	100.64
07	EXPERIMENTAL	-	18/01/2021	15/02/2021	28	238.05	113.36
08	EXPERIMENTAL	-	18/01/2021	15/02/2021	28	232.43	110.68
09	EXPERIMENTAL	-	18/01/2021	15/02/2021	28	232.44	110.68

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.

Ing. Freddy Arturo Bazán Revocal
 CIP: N° 922674 - CONSULTOR: C110773
 JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
 Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 AV. VILLA SAN LUIS CHIMBOTE-PERÚ - yaksiguesanchez112021@gmail.com.43 - 912433986





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL 8%

SOLICITA : BACH. PEREZ LLAUCE JEFFERSON MICHEL Y BACH. RODRIGUEZ RODRIGUEZ CESAR AUGUSTO
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO $F_c=210\text{kg/cm}^2$ SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 5%, 8% Y 10% POR
CENIZA DE LODO DE PAPEL
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 25/10/2021
F' C : 210 Kg/cm²

N°	TESTIGO	SLUMP (")	MOLDEO	ROTURA	EDAD DIAS	FC Kg/Cm ²	FC/F' C (%)
01	EXPERIMENTAL	-	18/01/2021	25/01/2021	7	182.06	86.70
02	EXPERIMENTAL	-	18/01/2021	25/01/2021	7	173.81	82.76
03	EXPERIMENTAL	-	18/01/2021	25/01/2021	7	176.82	84.20
04	EXPERIMENTAL	-	18/01/2021	01/02/2021	14	199.12	94.82
05	EXPERIMENTAL	-	18/01/2021	01/02/2021	14	192.97	91.89
06	EXPERIMENTAL	-	18/01/2021	01/02/2021	14	194.75	92.74
07	EXPERIMENTAL	-	18/01/2021	15/02/2021	28	215.81	102.76
08	EXPERIMENTAL	-	18/01/2021	15/02/2021	28	216.85	103.26
09	EXPERIMENTAL	-	18/01/2021	15/02/2021	28	212.10	101.00

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.

Ing. Freddy Arturo Bazán Bancel
C.R. N° 222476 - CONSULTOR: C116773
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
AV. VILLA SAN LUIS CHIMBOTE-PERÚ - yaksiguesanchez112021@gmail.com.43 - 912433986





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL 10%

SOLICITA : BACH. PEREZ LLAUCE JEFFERSON MICHEL Y BACH. RODRIGUEZ RODRIGUEZ CESAR AUGUSTO
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO $F'c=210\text{kg/cm}^2$ SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 5%, 8% Y 10% POR
CENIZA DE LODO DE PAPEL
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 25/10/2021

$F'c$: 210 Kg/cm^2

N°	TESTIGO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/Cm2	FC/F'c (%)
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
01	EXPERIMENTAL	-	18/01/2021	25/01/2021	7	160.95	76.65
02	EXPERIMENTAL	-	18/01/2021	25/01/2021	7	152.75	72.74
03	EXPERIMENTAL	-	18/01/2021	25/01/2021	7	158.52	75.48
04	EXPERIMENTAL	-	18/01/2021	01/02/2021	14	182.52	86.92
05	EXPERIMENTAL	-	18/01/2021	01/02/2021	14	175.99	83.80
06	EXPERIMENTAL	-	18/01/2021	01/02/2021	14	178.15	84.83
07	EXPERIMENTAL	-	18/01/2021	15/02/2021	28	200.79	95.61
08	EXPERIMENTAL	-	18/01/2021	15/02/2021	28	194.16	92.46
09	EXPERIMENTAL	-	18/01/2021	15/02/2021	28	201.13	95.78

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.

Ing. Freddy Arias Basán Barzal
C.R. N° 222474 - CONSULTOR: C116773
JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
Y TECNOLOGIA DE CONCRETO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
AV. VILLA SAN LUIS CHIMBOTE-PERÚ - yaksiguesanchez112021@gmail.com.43 - 912433986



ANEXO 07. PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 25. Recolección del Lodo de Papel

Nota. Elaboración Propia (2021).



Figura 26. Secado de Lodo de Papel

Nota. Elaboración Propia (2021).



Figura 27. Pre Quemado del Lodo de Papel
Nota. Elaboración Propia (2021).



Figura 28. Tamizado por la malla N°200 – ceniza de lodo de papel
Nota. Elaboración Propia (2021).

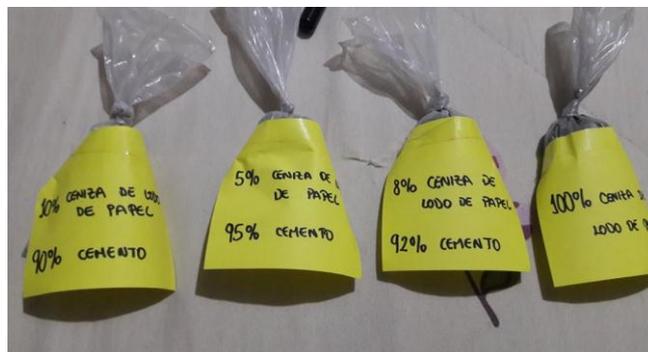


Figura 29. Muestras de ceniza de lodo de papel y combinaciones para ensayo de Ph
Nota. Elaboración Propia (2021).



Figura 30. Recolección del Agregado Grueso
Nota. Elaboración Propia (2021).



Figura 31. Recolección del Agregado Fino
Nota. Elaboración Propia (2021).



Figura 32. Ensayo de Granulometría
Nota. Elaboración Propia (2021).

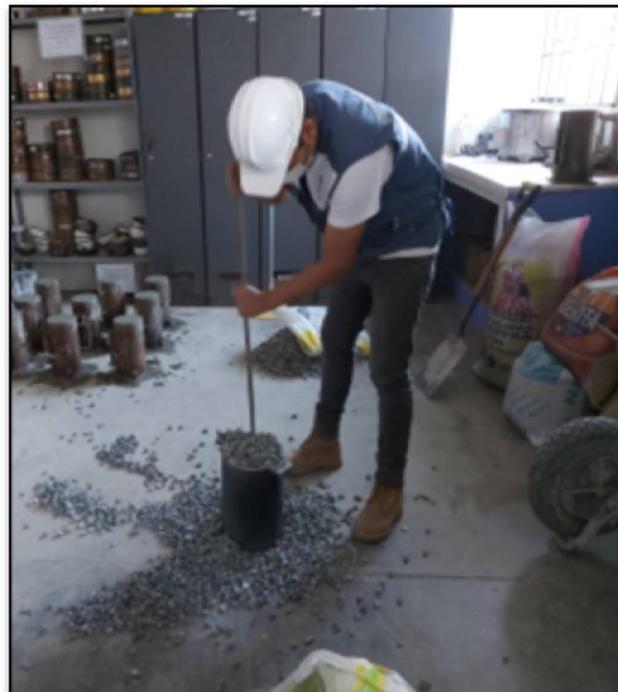


Figura 33. Ensayo de Pesos Unitarios
Nota. Elaboración Propia (2021).



Figura 34. Ensayo del Cono de Abrams
Nota. Elaboración Propia (2021).



Figura 35. Elaboración de Probetas
Nota. Elaboración Propia (2021).



Figura 36. Curado de Probetas
Nota. Elaboración Propia (2021).



Figura 37. Rotura de Probetas
Nota. Elaboración Propia (2021).