

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“Resistencia del concreto con cemento sustituido al
8% y 16% por ceniza de retama "Spartium Junceum”**

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil

Autor

Pérez Ramírez, Cristhian Alberto

Asesor

Flores Reyes, Gumercindo

Chimbote – Perú

2019

PALABRAS CLAVE:

Tema	Resistencia del Concreto, Ceniza de Retama, Sustitución
-------------	---

Especialidad	Tecnología del Concreto
---------------------	-------------------------

KEY WORDS:

Topic	Concrete Strength, Retama Ash, Substitution
--------------	---

Specialty	Concrete Technology
------------------	---------------------

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Línea de Investigación	Construcción y Gestión de la Construcción
-------------------------------	---

Área	Ingeniería y Tecnología
-------------	-------------------------

Sub-área	Ingeniería Civil
-----------------	------------------

Disciplina	Ingeniería Civil
-------------------	------------------

Sub - Línea o Campo de Investigación	Materiales de la construcción
---	-------------------------------

**“RESISTENCIA DEL CONCRETO CON
CEMENTO SUSTITUIDO AL 8%y 16% POR
CENIZA DE RETAMA "SPARTIUM JUNCEUM”**

RESUMEN

El propósito de la investigación fue determinar la resistencia alcanzada del concreto $f^c=210$ kg/cm² al sustituir al cemento en un 8% y 16% por la combinación de ceniza de retama "Spartium Junceum".

Estudio que se realizó en la ciudad de Huaraz en el año 2017, empleando Retama de la vía Huaraz - Pinar, agregado de la cantera del Rio Santa y con cemento portland tipo I, con la finalidad de encontrar alternativas ecológicas de materiales para ser aplicados en el campo de la ingeniería civil. En esta investigación se realizó el diseño experimental para poder explicar si la sustitución de ceniza de retama contribuye a que el concreto mejore sus propiedades de resistencia mecánicas a comparación con las mezclas convencionales. Con el diseño de 27 probetas (9 como patrón y base del análisis, 9 con sustitución de ceniza de retama al 8% y por último 9 con sustitución de ceniza de retama al 16%), que nos dieron los siguientes resultados, el concreto patrón nos dio para los 7, 14 y 28 días de curado los valores de 181.9, 194.5 y 217.0 Kg/Cm³ respectivamente. De igual modo la sustitución de cemento por ceniza de retama al 8% nos dio como resistencia 147.0, 190.9 y 225.4 Kg/Cm³ y por último la sustitución de cemento por ceniza de retama al 16% nos dio a los mismos días como resistencia a compresión 111.1, 150.8 y 161.3 Kg/Cm³ estos resultados nos dieron el fundamento para su comparación y estudio posterior para definir si la sustitución hace que el concreto sufra cambios favorables que se verán reflejados en su resistencia a compresión luego de cumplir los 28 días de curado, según lo investigado este tipo de concretos tienen mejor resistencia en el tiempo por la capacidad que tienen la ceniza puzolana de impermeabilizar el concreto y así no dejar absorber agua u otro tipo de fluidos que puedan dañar la estructura interna del concreto y mejorar en tal sentido el tiempo de vida útil para obras de ingeniería. Luego del análisis se pudo apreciar que el concreto patrón solo fue superado a los 28 días por la sustitución de cemento por ceniza de retama al 8% que dio como resistencia 225.4 Kg/Cm³

ABSTRACT

The purpose of the investigation was to determine the strength of concrete $f'_c = 210$ kg / cm² by replacing cement at 8% and 16% by the combination of retama ash "Spartium Junceum".

Study that was carried out in the city of Huaraz in 2017, using Retama of the Huaraz - Pinar road, aggregate of the quarry of the Rio Santa and with Portland cement type I, in order to find ecological alternatives of materials to be applied in The field of civil engineering. In this investigation the experimental design was carried out to explain if the replacement of retama ash contributes to the concrete improving its mechanical resistance properties compared to conventional mixtures. With the design of 27 specimens (9 as standard and base of the analysis, 9 with substitution of 8% broom ash and finally 9 with substitution of 16% broom ash), which gave us the following results, the standard concrete it gave us for the 7, 14 and 28 days of curing the values of 181.9, 194.5 and 217.0 Kg / Cm³ respectively. Similarly, the replacement of cement with 8% ceniza ash gave us resistance 147.0, 190.9 and 225.4 Kg / Cm³ and finally the replacement of cement with 16% retama ash gave us the same days as compressive strength 111.1, 150.8 and 161.3 Kg / Cm³ these results gave us the basis for comparison and further study to define whether the substitution causes the concrete to undergo favorable changes that will be reflected in its resistance to understanding after the 28 days of curing, As investigated, this type of concrete has better resistance over time due to the ability of the pozzolan ash to waterproof the concrete and thus not allow water or other fluids to be absorbed that can damage the internal structure of the concrete and improve the Lifetime for engineering works. After the analysis it was possible to appreciate that the standard concrete was only surpassed at 28 days by the substitution of cement by 8% broom ash that gave as resistance 225.4 Kg / Cm³

ÍNDICE GENERAL

Contenido

Palabras clave - Keywords – Línea de investigación	i
Título	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Indice General	v
Indice de Tablas	vi
Indice de figuras:	ix
Introducción	1
Metodología	23
Resultados	30
Análisis y discusión	74
Conclusiones y Recomendaciones	79
Agradecimientos	82
Referencias bibliográficas	83
Anexos	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Componentes Químicos Del Cemento.....	5
Tabla 2: Tipos de Cemento Portland en el Perú.....	6
Tabla 3: Requisitos para Agua de Mezcla-NTP 339.088.....	14
Tabla 4: Variable Dependiente	21
Tabla 5: Variable Independiente	21
Tabla 6: Técnicas de Recolección de Información	25
Tabla 7: Ensayo para la obtención de pH de Ceniza de Retama.....	32
Tabla 8: Ensayo para la obtención de pH de Cemento con Ceniza de Retama al 8%	33
Tabla 9: Ensayo para la obtención de pH de Cemento con Ceniza de Retama al 16%	33
Tabla 10: Composición elemental de la muestra de ceniza	35
Tabla 11: Óxidos componentes del Cemento.....	36
Tabla 12: Ensayo de Contenido de Humedad de Agregado Fino.	38
Tabla 13: Ensayo de Contenido de Humedad de Agregado Grueso.	38
Tabla 14: Ensayo de Análisis Granulométrico de Arena	38
Tabla 15: Ensayo de Análisis Granulométrico de Grava	40
Tabla 16: Ensayo del Peso Específico y Absorción de Agregado Grueso.....	41
Tabla 17: Ensayo del Peso Específico y Absorción de Agregado Fino	42
Tabla 18: Ensayo de Peso Unitario Suelto y Compactado de Agregado Grueso.....	43
Tabla 19: Ensayo Peso Unitario Suelto y Compactado de Agregado Fino.....	43
Tabla 20: Datos obtenidos de los Ensayos en el Laboratorio de los Agregados Fino y Grueso	44
Tabla 21: Valores de Diseño de Materiales para la Mezcla de Concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$	45
Tabla 22: Datos Obtenidos de los Ensayos de los Agregados	45
Tabla 23: Contenido de Aire Atrapado	46
Tabla 24: Volumen Unitario de Agua.....	47

Tabla 25: Relación Agua Cemento por Resistencia.....	48
Tabla 26: Peso del Agregado Grueso por Unidad de Volumen del Concreto.....	49
Tabla 27: Diseño en Estado Seco.....	50
Tabla 28: Cálculo de Agua Efectiva	51
Tabla 29: Proporcionamiento de los Materiales.....	51
Tabla 30: Cantidad de Material por Tanda	52
Tabla 31: Cantidad de Material para una Probeta.....	52
Tabla 32: Cantidad de Cemento para una Probeta de Concreto Patrón.	53
Tabla 33: Adición 8% de Ceniza de Retama en la Mezcla de Concreto por Probeta	53
Tabla 34: Adición 16% de Ceniza de Retama en la Mezcla de Concreto por Probeta	53
Tabla 35: Proporción de Materiales para 9 Probetas Patrón	54
Tabla 36: Proporción de Materiales por 9 Probetas Experimental de 8% de Ceniza de Retama	54
Tabla 37: Proporción de Materiales por 9 Probetas Experimental de 16% de Ceniza de Retama	54
Tabla 38: Proporción de Material para 27 Probetas.....	55
Tabla 39: Relación Agua Cemento de Concreto Patrón vs Experimental	55
Tabla 40: Slump obtenido con la Relación Agua Cemento	56
Tabla 41: Peso Específico (Ceniza de Retama)	57
Tabla 42: Peso Específico (Combinación de Cemento con Ceniza de Retama al 8%).....	58
Tabla 43: Peso Específico (Combinación de Cemento con Ceniza de Retama al 16%).....	58
Tabla 44: Diseño de Mezcla Concreto Patrón.....	58
Tabla 45: Diseño de Mezcla con Ceniza al 8%.....	59
Tabla 46: Diseño de Mezcla con Ceniza al 16%.....	59
Tabla 47: Ensayo a Compresión – Concreto Patrón.	60
Tabla 48: Resumen Ensayo a Compresión – Concreto Patrón.....	60

Tabla 49: Ensayo a Compresión – Concreto Sustituido al 8% por Ceniza de Retama.	61
Tabla 50: Resumen Ensayo a Compresión – Concreto Sustituido al 8% por Ceniza de Retama a los 7, 14 y 28 días.....	62
Tabla 51: Ensayo a Compresión – Concreto Sustituido al 16% por Ceniza de Retama.	63
Tabla 52: Resumen Ensayo a Compresión – Concreto Sustituido al 16% por Ceniza de Retama	63
Tabla 53: Cuadro ANOVA	69
Tabla 54: Análisis de Varianza con Nivel de Significancia 0.05.....	70
Tabla 55: Resumen de Operaciones.....	70
Tabla 56: Resumen de Operaciones para los Valores de la Tabla X^2	70
Tabla 57: Reemplazando Valores para hallar F	71
Tabla 58: Análisis de la Tabla de Fisher (valores de Distribución F).....	71

ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura N° 1: Fenilbenzopirona, núcleo básico de los Flavonoides. (Palacios, 2015).....	9
Figura N° 2: Estructura química de algunos taninos. (Palacios, 2015).....	10
Figura N° 3: Estructura química de algunos taninos. (Palacios, 2015).....	10
Figura N° 4: Escala de pH (pHmetro.TOP, 2017)	11
Figura N° 5: Clasificación de las Puzolanas	16
Figura N° 6: Compresión Axial	19
Figura N° 7: Diseño en bloque cantidad de probetas según días de curado y porcentaje con sustitución de Ceniza de Retama.....	23
Figura N° 8: Interpretación de los procesos a realizar	24
Figura N° 9: Curva de pérdida de masa – TG (mg) vs Temperatura (°C).....	31
Figura N° 10: Curva Calorimétrica DSC – Flujo de Calor (μV) vs Temperatura (°C)	31
Figura N° 11: Espectro de FRXDE de una muestra de ceniza de planta de retama en escala semilogarítmica. Incluyendo el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado.....	34
Figura N° 12: Curva granulométrica del Agregado Fino.....	40
Figura N° 13: Curva granulométrica del Agregado Grueso.	41
Figura N° 14: Comparación de la Relación Agua / Cemento del concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$ Patrón vs Experimental.	56
Figura N° 15: Comparación del asentamiento de la mezcla de concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$ Patrón vs Experimental.....	57
Figura N° 16: Gráfica de las Resistencias del Concreto Patrón a los 7, 14 y 28 días de curado.	61
Figura N° 17: Gráfica de las Resistencias del Concreto con 8% de ceniza Sustituida por Cemento.	62
Figura N° 18: Resumen Ensayo a Compresión – Concreto Sustituido al 16% por Ceniza de Retama a los 7, 14 y 28 días.....	64

Figura N° 19: Gráfica de las Resistencias del Concreto Patrón vs Concreto con Sustitución de Cemento por Ceniza de Retama al 8 y 16 % a los 7 días de Curado.....	65
Figura N° 20: Gráfica de las Resistencias del Concreto Patrón vs Concreto con Sustitución de Cemento por Ceniza de Retama al 8 y 16 % a los 14 días de Curado.	65
Figura N° 21: Gráfica de las Resistencias del Concreto Patrón vs Concreto con Sustitución de Cemento por Ceniza de Retama al 8 y 16 % a los 28 días de Curado.	66
Figura N° 22: Gráfica comparativa general de Resistencia a Compresión del Concreto Patrón vs los Experimentales.....	67
Figura N° 23: Gráfica comparativa general de resistencia a Compresión del Concreto Patrón vs los Experimentales. (Grafico de Líneas)	68
Figura N° 24: Gráfica comparativa con la resistencia mínima requerida para un Concreto FC.210KG/cm ³ según la NTP a los 7, 14 y 28 días.....	68
Figura N° 25: Regla de decisión según Tabla de Fisher	72
Figura N° 26: Análisis de Contenido de Humedad ASTM D – 2216-71	87
Figura N° 27: Análisis granulométrico de Agregado Fino.	88
Figura N° 28: Análisis granulométrico de Agregado Grueso.....	89
Figura N° 29: Análisis de Peso Específico y Absorción del Agregado Fino.....	90
Figura N° 30: Análisis de Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso.	91
Figura N° 31: Análisis de Pesos Unitarios de Agregado Fino.....	92
Figura N° 32: Análisis de Pesos Unitarios de Agregado Grueso.....	93
Figura N° 33: Análisis Térmico Diferencial (DTA), ANALISIS Termogravimetrico (TGA)	95
Figura N° 34: Curva de Pérdida de Masa- Análisis Termo Gravimétrico, Curva Calorimétrica DSC.....	96
Figura N° 35: Conclusión del Análisis Térmico Diferencial (DTA), ANALISIS Termogravimetrico (TGA).....	97
Figura N° 36: Análisis Fluorescencia de Rayos-X Dispersiva en Energía (FRXDE)	99
Figura N° 37: Resultados Fluorescencia de Rayos-X Dispersiva en Energía (FRXDE)....	100

Figura N° 38: Composición Elemental del Resultado de Fluorescencia de Rayos-X Dispersiva en Energía (FRXDE).....	101
Figura N° 39: Espectro de Fluorescencia de Rayos-X Dispersiva en Energía (FRXDE)...	102
Figura N° 40: PH de Ceniza de RETAMA.....	104
Figura N° 41: PH de Cemento con Ceniza de Retama al 8%	105
Figura N° 42: PH de Cemento con Ceniza de Retama al 16 %	106
Figura N° 43: Análisis del Peso Específico de la Ceniza de Retama	108
Figura N° 44: Análisis del Peso Específico de la combinación de Ceniza de Retama y cemento al 8% y 16%	109
Figura N° 45: Diseño de Mezcla por el Método ACI (a).....	111
Figura N° 46: Diseño de Mezcla por el Método ACI (b).	112
Figura N° 47: Diseño de Mezcla por el Método ACI (c).....	113
Figura N° 48: Diseño de Mezcla por el Método ACI (d).	114
Figura N° 49: Diseño de Mezcla por el Método ACI (e).....	115
Figura N° 50: Diseño de Mezcla Concreto, Cemento con Ceniza de Retama al 8%.....	116
Figura N° 51: Diseño de Mezcla Concreto, Cemento con Ceniza de Retama al 16 %.....	117
Figura N° 52: Diseño de Mezcla por el Método ACI, Relación Agua /Cemento - Slump. 119	
Figura N° 53: Ensayo de Resistencia a Compresión Concreto Patrón	121
Figura N° 54: Ensayo de Resistencia a Compresión Concreto con Cemento sustituido al 8%	122
Figura N° 55: Ensayo de Resistencia a Compresión Concreto con Cemento Sustituido al 16%	123
Figura N° 56: Ubicación Geográfica de la Plaza de Armas - Urbanización el Pinar - Huaraz.	125
Figura N° 57: Ubicación Geográfica de la Plaza de Armas – Cantera de Agregados – Huaraz	125
Figura N° 58: Zona de Extracción de la Retama para su utilización en el Concreto.....	127

Figura N° 59: Retama Recogida para el Ensayo.....	127
Figura N° 60: Zona donde se puso a Secar la Retama.....	128
Figura N° 61: Horno limpio con base cerámica donde se dio el Prequemado.....	128
Figura N° 62: Ceniza de retama previamente quemada en el horno, se puso en fuentes de aluminio para su enfriamiento.....	129
Figura N° 63: Ceniza de Retama empacada con papel de aluminio y entregada en el laboratorio de Calidad Ambiental de la UNASAM para su incineración a 400°C por un tiempo de 2 Horas	129
Figura N° 64: Ceniza de Retama empacada y pesada en papel de aluminio para el ensayo de pH, muestra de ceniza, cemento más cenizo al 8% y cemento más cenizo al 16% ensayo realizado en el laboratorio de Calidad Ambiental de la UNASAM.....	130
Figura N° 65: Ceniza de retama calcinada a 400 °C por 2 Horas pesado para halla el Peso Específico- Laboratorio de mecánica de suelos- USP-Huaraz.....	130
Figura N° 66: Preparación para ver el desplazamiento de la muestra de ceniza para encontrar el Peso Específico por Desplazamiento.	131
Figura N° 67: Fabricación de las probetas con su respectivo Slump para comprobar sobre todo la Relación de Agua Cemento del diseño	131
Figura N° 68: Curado de Especímenes de Concreto.....	132
Figura N° 69: Muestras llevadas al laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro para su Ruptura a Compresión.....	132
Figura N° 70: Ensayo de Compresión realizado en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro.....	133
Figura N° 71: Momento donde se produce la Ruptura de la Probeta Ensayada.....	133

I. INTRODUCCIÓN

Esta investigación se fundamentó en el desarrollo de nuevas alternativas de producción y mejoramiento de las propiedades del cemento con la sustitución parcial por ceniza. Es sabido y objeto de múltiples investigaciones que debido a su alto contenido en sílice amorfa, las cenizas procedentes de la combustión de residuos agrícolas, dependiendo del proceso de combustión, pueden tener carácter puzolánico; tal es el caso de materiales como la ceniza de cascarilla de arroz, la ceniza de hojas de bambú y el bagazo de caña de azúcar. (Ma-Tay, 2014), en esta investigación se realiza la búsqueda de las partículas puzolánicas que se encuentran en la ceniza de retama, este arbusto es común y abundante en la mayor parte del Callejón de Huaylas, por tal motivo será de fácil recolección y empleo.

Para demostrar las propiedades y su empleo se procederá con la fabricación de 27 probetas que ayudarán a percibir de forma palpable si el concreto producido con la sustitución al 8% y 16 % ayudan a producir y mejorar las propiedades técnicas del concreto para ver si así puede superar o llegar a un diseño que cumpla las normas ASTM C595 Y ASTM C150

(López, 2010)), indica que, Los materiales puzolánicos adicionados a las mezclas de hormigón con cemento portland reaccionan con la portlandita formando nuevos silicatos de calcio hidratados los que pueden mejorar la durabilidad de estructuras de hormigón. Con el objetivo de mejorar el entendimiento del rol de las puzolanas naturales en el desempeño del hormigón, este estudio caracterizó la porosidad e interconectividad de los poros de hormigones en función del contenido de puzolanas naturales. El programa experimental caracterizó la resistencia y permeabilidad de hormigones con diferentes contenidos de puzolanas y con edades entre 28 y 84 días para así evaluar el efecto de las puzolanas en función del tiempo. Los resultados muestran que la ganancia en impermeabilidad debido al uso de puzolanas naturales es muy superior al efecto observado en resistencia. Por ejemplo, hormigones con 33% de puzolanas en reemplazo del cemento presentaron una resistencia a compresión 27% inferior a la del hormigón sin puzolanas; sin embargo, su impermeabilidad fue aproximadamente 200% superior a las de los hormigones sin puzolanas.

De igual manera se revisó la investigación de (Molina, 2008), indica que, las puzolanas pueden contribuir a mejorar las características del hormigón. Entre estas se destaca el refinamiento de la estructura porosa del material. Además, las cenizas ofrecen un impacto positivo como sustituto parcial del cemento portland. La reducción de la dosis de cemento en las mezclas de hormigón abarata los costes del material, disminuye la contaminación asociada a la producción de cemento y ayuda a solucionar el problema de eliminación de las cenizas. Desde un punto de vista económico, la vida útil de las infraestructuras se encuentra limitada por el deterioro de los materiales de construcción.

También se revisó el trabajo de investigación (Ma-Tay, 2014) En su trabajo de tesis desarrollará la caracterización físico-química y el análisis de la reactividad puzolánica de muestras de cenizas de bagazo de caña de azúcar provenientes de Honduras, así como la evolución de las propiedades mecánicas de probetas de mortero con adición de dichas cenizas. La influencia de la ceniza de bagazo sobre la resistencia a compresión de morteros fue significativa. Para probetas con un 25% de sustitución de cemento por ceniza curadas a 40°C durante 28 días, las probetas de SPS fueron un 15% más resistentes que las probetas control, mientras que las probetas de Choluteca presentaron un 9% más de resistencia que las control. En el caso de probetas curadas a 20°C durante 90 días, las probetas de SPS fueron un 14% más resistente que el control y las probetas de Choluteca presentaron un 11% más de resistencia que el control.

Por otro lado, en la tesis de (Briceño, 2018) nos indica que el procedió a calcinar las cenizas de hojas de maíz en mufla a temperatura controlada para su activación térmica; para este proceso se utilizó una mufla ubicada en el laboratorio de Mecánica de suelos de la Universidad Privada San Pedro se calcinó el material por el periodo de 1 hora a una temperatura de 400 °C según el ATD. Que muestra que se produce un primer pico endotérmico a la temperatura de 100°C; y una segunda región endotérmica entre 180°C y 250°C, Luego se observa una transición endotérmica aproximadamente entre 350°C y 400 °C, a partir del cual se da el cambio de sus

propiedades. Sería el rango de temperatura para calcinar el material por eso se toma a 400°C como la temperatura de calcinación del material.

Así mismo se revisó la tesis de (Rodolfo, 2014) donde indica que se logró obtener una ceniza con porcentaje de SiO₂ de 81.9% a la temperatura de 400°C en el tiempo de dos horas. En el proceso de calcinación de la cascarilla de arroz la variable más significativa fue la temperatura, y se obtuvo el modelo matemático que representa el porcentaje de dióxido de sílice, dentro de nuestros rangos de experimentación. La puzolana artificial obtenida (ceniza de cascarilla de arroz), cumple con los requisitos a través de los cuales ha sido evaluada, para incorporarla en la fabricación del cemento.

De acuerdo a lo revisado en los antecedentes se justifica la presente investigación en los aspectos social y del conocimiento de tecnologías nuevas para el desarrollo y utilización del concreto.

El aporte teórico del trabajo se buscó mejorar de manera específica la resistencia del concreto el que beneficiará a las viviendas en el Callejón de Huaylas. Para ello se vio la resistencia de un concreto con cemento sustituido al 8% y 16% por ceniza de retama, con el fin de encontrar una alternativa más para el desarrollo del concreto en el campo de la ingeniería civil.

En el campo de la investigación se busca alternativas de recursos naturales que tienen como característica o antecedente común la actividad puzolana y así poder continuar con la línea de investigación referida a sustitución de cemento con material orgánico proveniente de hojas, fibras o tallos provenientes de la naturaleza.

Se justifica en lo social porque demanda el uso de material no convencional disponible, prescindido en la zona, y orientado a resolver los problemas de la sociedad en el campo de la ingeniería civil debido a que las técnicas constructivas ofrecerán elementos con menor contaminación y reutilización de los materiales para la fabricación de concreto, pero con una resistencia mayor, sabiendo que en nuestra zona no son conocidas sus propiedades para este tipo de concreto de alta resistencia, por que más se le conoce como una planta medicinal o su uso más común que se le da de escobas naturales

El concreto ha sido estudiado a nivel internacional junto con el cemento que es un elemento fundamental en las economías de muchos países en pleno crecimiento, elemento necesario para la construcción de edificios y carreteras. Motivo por la cual, el 80% del cemento que se produce en la actualidad es utilizado en los países en desarrollo. Solamente China emplea el 40% de la producción mundial y en Ucrania dobla la fabricación de cemento cada pocos años.

Pero fabricar cemento supone emitir una gran cantidad de CO₂ a la atmósfera, las cementeras producen el cinco por ciento de las emisiones globales de dióxido de carbono, causa principal del calentamiento global. Además, tiene otros inconvenientes y es que el cemento no puede reciclarse, por lo tanto, cada nuevo edificio o infraestructuras necesitan cemento nuevo. Así mismo se ha buscado con esta adición aminorar los costos de producción del concreto y por ende bajar los costos de los presupuestos sin disminuir significativamente la resistencia del concreto.

El uso de concreto a nivel nacional cubre casi por completo las construcciones en zonas de alta densidad poblacional y es el principal material de construcción utilizado para la creación de viviendas, edificios y obras civiles, por ende su producción en el Perú es grande y por tal motivo al buscar complementos en su composición nos ayudará a aminorar costos en la construcción de dichas obras, por tal motivo se busca añadir elementos puzolánicos al concreto para aumentar sus características de resistencia y a la vez aminorar los impactos económicos y ambientales que genera su producción.

A nivel local el uso del cemento es común ya que las construcciones civiles, en gran medida de casas o viviendas familiares, utilizan este material porque la zona tiene un clima muy drástico en las épocas de lluvia donde utilizar otro tipo de elementos o materiales de construcción no son recomendables ya que se ven afectadas por inundaciones o socavación de sus estructura y tienden a fallar, por tal motivo buscar maneras de mejorar el concreto y sustituir el cemento en proporciones adecuadas ayudara a mejorar la habitabilidad de las personas en el callejón de Huaylas.

Por lo expuesto nos planteamos el siguiente problema de investigación:

¿Cuál es la resistencia a la compresión de un concreto con cemento sustituido al 8% y 16% por ceniza de retama "*Spartium Junceum* en la ciudad de Huaraz?

Cemento:

Material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como en el aire. Quedan excluidas las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos. (SENCICO, 2009)

Cemento Portland, Producto obtenido por la pulverización del clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos que no excedan del 1% en peso del total siempre que la norma correspondiente establezca que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el clinker. (SENCICO, 2009)

Tabla 1: Componentes químicos del cemento

% DE OXIDOS (PESO)	RANGO
CaO	60-67
SiO ₂	18-25
Al ₂ O ₃	3-8
Fe ₂ O ₃	0.5-6.0
Na ₂ O+K ₂ O	0.2-1.3
MgO	0.1-4.0
Cal libre	0-2
SO ₃	1-3

Fuente: (constructorcivil, 2010)

Tabla 2: Tipos de cemento portland en el Perú

CEMENTOS PORTLAND	
NTP 334. 090 – ESPEJO DE LA ASTM C 150	
CLINKER + YESO	
<hr/>	
TI PO I	: De uso general.
TI PO II	: De uso general, específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos.
TI PO II(M H)	: De uso general, específicamente moderado calor de hidratación.
TI PO III	: Cuando se requiere alta resistencia inicial.
TI PO IV	: Cuando se desea bajo calor de hidratación.
TI PO V	: Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

Fuente: (ASOCEM- ASOCIACION DE PRODUCTORES DE CEMENTO, 2015)

El cemento empleado para el presente proyecto de investigación fue el cemento de la marca SOL Portland Tipo I.

Retama:

La retama de olor o gayomba (*Spartium junceum*) es un arbusto alto muy conocido por la vistosidad desbordante de su floración. Tiene ramas verdes asimiladoras, estriadas, que dan nombre a la morfología genistoide aplicada a los arbustos, en su mayoría de la familia papilionáceas, que como la aliaga (*Genista scorpius*), tienen este tipo de aspecto. Las hojas son simples, escasas y se desprenden muy pronto dejando la responsabilidad íntegra de la fotosíntesis a las ramas verdes. Las flores son amarillas, típicamente papilionáceas, grandes, muy perfumadas y tan abundantes que suelen cubrir completamente la planta. (Natural, 2019)

Nombres: Otros nombres comunes usados en español, Retamo (Rzedowski y Rzedowski, 2001), retama (Martínez, 1979); en España: gayomba, retama de olor. Nombres comunes en inglés Spanish broom, weaver's broom.

Categorías taxonómicas superiores: Reino: Plantae; Subreino: Traqueobionta (plantas vasculares); Superdivisión: Spermatophyta (plantas con semillas); División: Magnoliophyta (plantas con flor); Clase: Magnoliopsida (dicotiledóneas); Subclase: Rosidae; Orden: Fabales.

Características morfológicas: Es un arbusto, de uno a dos metros de altura, aunque pueden doblarla, si sobrevive a las nieves y a los vendavales, porque, con tanta rama como cría es una planta resistente y de fácil reproducción.

- Raíz: Amorfa o pivotante con raíces secundarias largadas y delgadas.
- Tallo: Semileñoso, verde, ramificado, erguido, fotosintético con gran cantidad de fibras corticales resistentes a la tracción.
- Hojas: Peciolas, alternas, aovado, liso con un nervio central definido y cuenta con numerosos pelos simples en el envés.
- Flores: Grandes amarillas hermafroditas, papilionadas, heteroclamídeas, zigomorfas y bisexuales. Cáliz membranoso con cinco sépalos soldados en la base, corola compuesto de un pétalo grande superior en forma redondeada, dos pétalos ligeramente fusionados. Androceo con 10 estambres monodetfos, gineceo de ovario súpero unilocular y contiene numerosos ovarios, un cáliz con un solo labio y un estilo derecho.
- Inflorescencia: En racimo simple.
- Fruto: Legumbre dehiscente, alargado y negro que se abre a la madures mediante valvas, que al abrirse lanzan semillas a distancias considerables, favoreciendo de esta manera, la propagación de la planta. (Palacios, 2015)

Distribución y hábitat: Originaria del viejo mundo, especie principalmente mediterránea que crece en climas cálidos y templados. Abundante en los valles y laderas de la sierra peruana. Desde la costa hasta los 3500 m de altura. Se cría en las laderas, desmontes, terraplenes, etc. expuesto al sol rehuyendo las sombras; gusta de las tierras removidas, en las que se instala con facilidad. (Palacios, 2015)

Asimismo, los usos de la retama pueden ser: Para la estabilización de suelos, El hecho de que, como otras leguminosas, sea capaz de fijar en el suelo el nitrógeno atmosférico la hace muy interesante para la mejora del suelo. Esta capacidad, unido a su fantástica adaptabilidad, la convierten en la planta ideal para estabilizar terrenos con riesgo de erosión. (Durán, 2017)

En la medicina farmacológicamente; la “farmacopea” cita la raíz, la corteza del tallo, la flor y las semillas como materiales farmacéuticos que son amargas, laxantes y de las flores muy aromáticas y un poco eméticas. Las propiedades vomitivas, así como las purgantes, fueron reconocidas desde tiempo inmemorial. Las flores soasadas se usan contra dolores reumáticos, en la cefalgia; las flores frescas en fricciones contra las pecas; el cocimiento de las flores como diurético, la tintura de las mismas como antirreumática y en ictericia.

(Mucha, 2012)

Composición química: Contiene un principio activo: esparteína, que es un excelente tónico del corazón. Contiene, además, escoparina y sales de potasio que le confieren una acción diurética energética.

Contiene, tanto en las flores como en las semillas, y, en general, en todos sus órganos, el alcaloide citisina, cuyas propiedades recuerdan las de la estriquina y de la nicotina. En cuanto a la composición química la “retama” posee entre otros : alcaloides (citosina y esparteína principalmente, junto con genisteína e isoesparteína), glucósidos (escoparina), flavonoides (quercetina), ácidos (cafeico, linoleico, caprílico, palmítico), taninos y oxalatos. Contiene muchas sustancias activas como anagirina, ácido cafeico, ácido caprílico, crisina, citisina, genisterina, lupeol, ácido mirístico, ácido oleico, quercetina, sitosterol, ácido esteárico y esparteína, los cuales proporcionan buena actividad antiinflamatoria, antibacteriana, principalmente para problemas infecciosos de las vías respiratorias, urinarias y digestivas. Se puede utilizar para lavar heridas y como desinfectante. La buena cantidad de aceites esenciales permite calmar los nervios y tiene efecto estimulante. En el extracto etéreo y acuoso se confirma presencia de metabolitos como: alcaloides, taninos, flavonoides, cumarinas y triterpenos en menor intensidad, los cuales presentan las coloraciones y precipita

dones específicas. El extracto acuoso de la flor de retama contiene los siguientes principios activos: flavonoides, alcaloides, taninos gálicos, compuestos fenólicos, azúcares reductores y principios amargos. (Palacios, 2015)

Metabolitos secundarios con efecto antiulceroso:

a) Flavonoides

Desde el punto de vista químico, los flavonoides son fenoles de tipo diarilpropanona (Ar-C3-Ar) unidos, la mayoría, a una cadena de azúcar; están constituidos por un anillo bencénico condensado a una Y-pirona (o sus derivados) sustituida en posición 2(3) por un radical fenilo. Los flavonoides están ampliamente extendidos en todo el reino vegetal constituyendo la mayoría de los pigmentos amarillos (flavonas, chalconas, auroras), rojos y azul (antocianos) de flores y algunos frutos. Destacan las familias Asteraceae, Rutaceae, Fabaceae, Umbellifereae, Lamiaceae, entre otras. Muchos flavonoides muestran actividad frente a la úlcera péptica, reduciendo el índice de ulceración y la intensidad del daño mucosa."

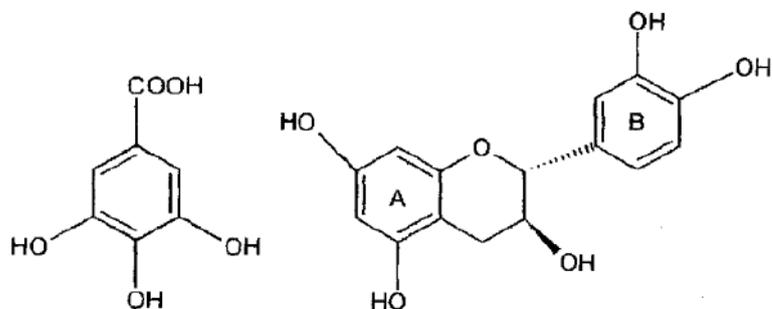


Figura N° 1: Fenilbenzopirona, núcleo básico de los Flavonoides. (Palacios, 2015)

b) Taninos

Históricamente, la importancia de las drogas con taninos está ligada a sus propiedades curtientes. El resultado del curtido es el establecimiento de enlaces entre las fibras de colágeno de la piel, lo que confiere a la misma resistencia al agua, al calor y a la abrasión. Esta capacidad de los taninos de combinarse con las macromoléculas explica que precipiten celulosa, pectinas y proteínas.

Estas propiedades establecen la definición clásica de taninos "compuestos fenólicos hidrosolubles que tiene una masa molecular comprendida entre 500 y 3000 y presenta, junto a las reacciones clásicas de fenoles, la propiedad de precipitar, alcaloides, gelatina y otras proteínas

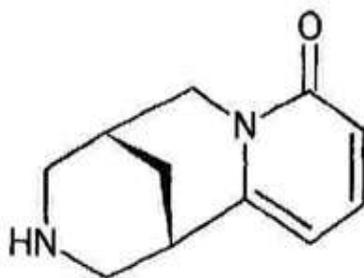


Figura N° 2: Estructura química de algunos taninos. (Palacios, 2015)

c) Alcaloides quinolizidínicos

La quinolizidina es un heterociclo nitrogenado bicyclíco, muy frecuente en las estructuras alcaloidícas. Es necesario, sin embargo, distinguir entre los compuestos que contienen este motivo estructural como elemento de una estructura compleja como es el caso de las protoberberinas, de la mayoría de los alcaloides indólicos o de los solanidanos y los llamados quinolizidinas simples, que proviene del metabolismo de la lisina.

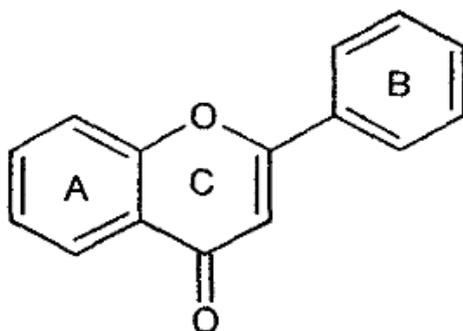


Figura N° 3: Estructura química de algunos taninos. (Palacios, 2015)

pH:

“pH” significa en realidad Potencial de iones Hidrógeno -también denominados hidronios en lenguaje técnico-.Es un hecho comprobado científicamente que la concentración de estos iones de hidrógeno en una disolución determina unívocamente la acidez o basicidad de una disolución: a elevadas concentraciones de iones H⁺ tenemos ácidos de carácter fuerte, y a bajas concentraciones de los mismos, cuando no existe prácticamente disociación encontramos ácidos débiles o bases alcalinas.. (pHmetro.TOP, 2017)

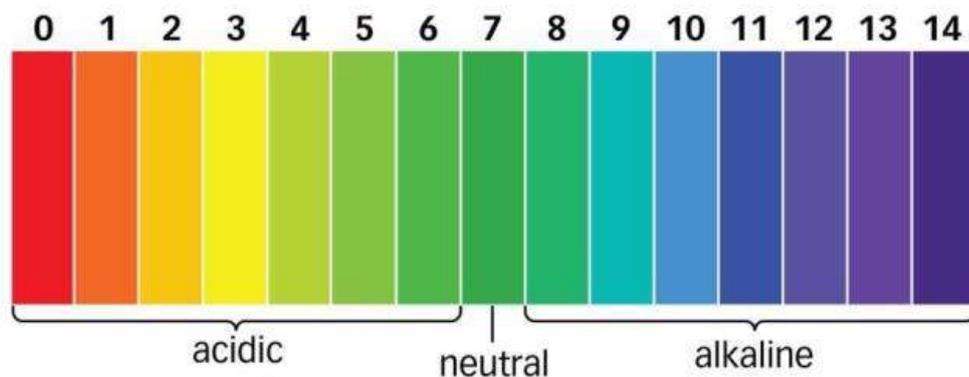


Figura N° 4: Escala de pH (pHmetro.TOP, 2017)

Concreto:

El concreto es un material muy utilizado en las obras que se ejecutan en nuestro medio para construir la estructura de una edificación. Ésta es una razón más que suficiente para optimizar su calidad ya que de él depende la excelencia de la estructura.

Al concreto podemos considerarlo como una piedra que se ha obtenido artificialmente, primero, mezclando una serie de ingredientes; luego transportándolo, colocándolo, compactándolo y curándolo apropiadamente, de tal manera que éste adquiera las características que se ha establecido previamente, como por ejemplo, consistencia, impermeabilidad, resistencia a la compresión (F'c), etc.

Concreto = Cemento + Arena gruesa + Piedra chancada + Agua

Algunas veces, por indicación del ingeniero proyectista, hay que añadirle ciertas sustancias químicas llamadas “aditivos”, con el propósito de mejorar o modificar algunas de sus propiedades.

Concreto = Cemento + Arena gruesa + Piedra chancada + Agua + Aditivos

(Aceros Arequipa, 2012)

Características del concreto:

- Su elevada resistencia a fuerzas de compresión.
- Su escasa capacidad para soportar fuerzas de estiramiento
- Su elevada resistencia para soportar altas temperaturas, provenientes, por ejemplo, de incendios.
- Su impermeabilidad, es decir, la dificultad de no dejar pasar el agua u otro líquido a su interior.
- Su consistencia, es decir, el grado de fluidez de la mezcla para que le sea fácil desplazarse dentro del encofrado y llegar hasta el último “rincón”.
- El concreto, como cualquier material, puede experimentar deterioro con el tiempo debido al medio que lo rodea. Por ejemplo:
 - El clima al cual está expuesto (brisa marina, heladas, deshielos, sol, frío, etc.).
 - El suelo que rodea a una cimentación. (Aceros Arequipa, 2012)

Calidad del concreto:

Para obtener un concreto de buena calidad, no sólo es necesario contar con buenos materiales, que además estén combinados en las cantidades correctas; es necesario también tener en cuenta cómo se hace el mezclado, el transporte, el vaciado, la compactación y el curado. Estos procesos influirán directamente en la calidad de este importante material. Si uno o varios procesos se realizan de manera deficiente, se obtendrá un concreto de mala calidad, aun utilizando las cantidades exactas de cemento, arena, piedra y agua.

Arena gruesa:

Sus partículas tienen un tamaño máximo de 5 mm y se utiliza en la preparación de la mezcla para asentar los ladrillos y en la preparación del concreto

Consideraciones:

- Debe ser de cantera natural.
- Debe estar libre de:
 - restos de plantas
 - partículas escamosas
 - arcilla
 - salitre
 - otras sustancias dañinas
- Deben tener perfil preferentemente angular.
- Debe ser de partículas duras, compactas y resistentes. (Aceros Arequipa, 2012)

Piedra chancada:

Se obtiene de la trituración con maquinarias de las rocas. Se utiliza en la Construcción, Se vende en tamaños máximos de 1", 3/4" y 1/2" y su elección depende del lugar de la estructura donde se le empleará.

Consideraciones:

- Debe ser grava natural o triturada.
- Debe estar limpia, y ser dura y compacta.
- Textura preferentemente rugosa.
- Perfil preferentemente angular o semiangular.
- Esta piedra debe ser de alta resistencia; no debe tener una apariencia porosa o romperse fácilmente.
- No debe tener arcilla, barro, polvo, ni otras materias extrañas.

- Antes del mezclado, es recomendable humedecerla para limpiarla del polvo y para evitar que absorba agua en exceso. (Aceros Arequipa, 2012)

Agua:

El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá ser, de preferencia, potable.

Se podrán utilizar aguas no potables sólo si:

- Están limpias y libres de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica y otras sustancias que puedan ser dañinas al concreto, acero de refuerzo o elementos embebidos.
- La selección de las proporciones de la mezcla de concreto se basa en ensayos en los que se ha utilizado agua de la fuente elegida.
- Los cubos de concreto para ensayos, hechos con agua no potable, deben tener resistencias a los 7 y 28 días, de por lo menos 90% de la resistencia de muestras similares hechas con agua potable. La comparación de los ensayos de resistencia debe hacerse en concretos idénticos, excepto por el agua de mezclado, preparados y ensayados de acuerdo con la NTP 334.051. (SENCICO, 2009)

Tabla 3: Requisitos para agua de mezcla-NTP 339.088

DESCRIPCIÓN	LIMITE PERMISIBLE
Cloruros	300 ppm.
Sulfatos	300 ppm.
Sales de magnesio	150 ppm.
Sales solubles totales	1500 ppm.
pH	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm.
Materia Orgánica	10 ppm.

Fuente: (Norma Técnica Peruana-339.088)

Concretos Puzolánico

Los concretos puzolánicos consisten en el reemplazo parcial del cemento Pórtland por materiales con características puzolánicas. La puzolana es un material natural o artificial que contiene sílice en forma reactiva. La norma ASTM C 618 describe la puzolana como un material silíceo o silíceo y aluminoso el cual, en sí mismo posee poco o ningún valor cementante, pero que en forma finamente dividida (molida) y en presencia de humedad reacciona químicamente con hidróxido de calcio a temperaturas ordinarias, para formar compuestos que sí poseen propiedades cementantes (Neville, 1999).

Como sabemos, el hidróxido de calcio se forma como uno de los productos de la hidratación del cemento. Este compuesto no tiene valor cementante y es soluble en agua y puede ser lixiviado por filtraciones de agua (Shetty 2008). El uso de cemento Pórtland con puzolanas genera una reacción entre el hidróxido de calcio producido de la hidratación del cemento y el Si amorfo de la fase de vidrio del material puzolánico. Esto conduce a un incremento en el hidrato de silicato de calcio, formando gel C-S-H y, por lo tanto, incrementa la resistencia y la densidad.

Los materiales puzolánicos deberán tener un alto grado de superficie específica, además de un gran contenido de sílice amorfa para generar una reacción puzolánica (Velosa y Cachim, 2009).

Clasificación de las puzolanas

Los materiales que tienen la capacidad necesaria para cumplir con los requisitos de la definición de puzolana son muy numerosos, en la figura N°5 estos materiales se clasifican de acuerdo a su origen:

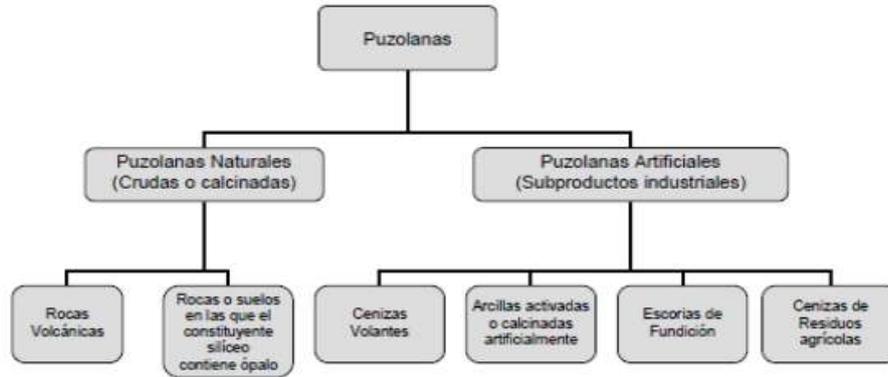


Figura N° 5: Clasificación de las puzolanas

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se describe brevemente la clasificación de las puzolanas de acuerdo a su origen con las que se estarán trabajando en esta investigación:

Puzolanas Naturales

Rocas Volcánicas. Son aquellas en la que su constituyente amorfo es vidrio producido por enfriamiento brusco de lava. Por ejemplo, las cenizas volcánicas, las pómez, las tobas, la escoria y la obsidiana.

Puzolanas Artificiales

Cenizas de residuos agrícolas. La ceniza de cascarilla de arroz y las cenizas del bagazo y de la paja de la caña de azúcar. Cuando son quemados convenientemente, se obtiene un residuo mineral rico en sílice y alúmina, cuya estructura depende de la temperatura de combustión (Hernández, 2007).

Usos de las puzolanas

Como se observó los materiales puzolánicos pueden ser de origen natural o artificial, la mayoría de las puzolanas naturales se deben moler antes de ser usadas y muchas se tienen que calcinar a temperaturas de 650°C a 980°C, para activar sus componentes arcillosos. Estos materiales se clasifican según la norma ASTM C 618 como puzolanas clase N, que es una puzolana natural cruda o calcinada tales como algunas tierras

diatomáceas, horteno opalino y esquistos tobas y cenizas volcánicas o pumíticas que pueden no ser procesadas por calcinación o varios materiales tales como arcillas y esquistos que requieren de calcinación para impartirles propiedades satisfactorias.

Existen dos modos básicos de emplear las puzolanas en el concreto: formando parte de un cemento Pórtland puzolánico o; dosificándolas por separado durante la elaboración de las mezclas. Para el primer caso, el porcentaje en que interviene la puzolana queda sujeto al criterio del fabricante; para el segundo caso se utiliza a los requerimientos particulares de cada obra específica.

De acuerdo con Shetty (2008), el uso de apropiadas puzolanas en cantidades adecuadas, modifican ciertas propiedades de concretos y morteros en estados frescos y endurecidos como las siguientes:

- a. Menor calor de hidratación.
- b. Reducción de la reacción álcali-agregado.
- c. Mejoramiento de la resistencia contra ataques de sulfatos en los suelos y el agua de mar.
- d. Mejora la extensibilidad.
- e. Menor susceptibilidad a la disolución y lixiviación.
- f. Mejora de la trabajabilidad.
- g. Menores costos.

El efecto principal de las puzolanas sobre el concreto endurecido se obtiene por la reacción de éstas con la cal hidratada. Esta reacción aumenta las reacciones a la compresión y a la tensión, disminuye la permeabilidad, reduce la filtración y mejora la resistencia del concreto al ataque de los sulfatos.

El mayor uso de las puzolanas es en estructuras masivas grandes, por ejemplo, en la construcción de presas, donde es necesario mantener lo más bajo que se pueda el calor de hidratación; en concretos expuestos a las aguas marinas o al ataque de los sulfatos, y también como inhibidores de los agregados que contienen álcalis. Las puzolanas compuestas por un mayor contenido de sílice mejoran la resistencia que suministran al concreto ante el ataque moderado de los sulfatos. En su mayoría las puzolanas tienen

una acción inhibidora sobre la reacción álcalis-agregados, las que tienen un alto contenido de ópalo son las más efectivas.

Cuando la puzolana es agregada a la mezcla como sustituto de cemento, ayuda a reducir la permeabilidad al agua. El uso más notable de las puzolanas es en las áreas donde su costo es notablemente menor que el del cemento, el uso pertinente como sustituto parcial del cemento tiene como resultado un ahorro en el costo por metro cúbico de concreto. La cantidad que emplear tiene una variación de acuerdo al tipo de puzolana a utilizar, la mezcla, la exposición y otros factores, el rango se encuentra entre un 10% y un 30% de sustitución parcial de cemento (Hernández, 2007).

El efecto sobre la resistencia es muy variable dependiendo del tipo de puzolana utilizada; el desarrollo de esta resistencia es lento es por esto que necesitan un curado más prolongado. En algunas puzolanas la resistencia después de un año es mayor que en un concreto simple.

Puzolanas utilizadas en la investigación

En esta investigación se tomará como puzolana, el compuesto de sílice que se produzca de la ceniza de la retama como aditivo para el cemento, esto debido a sus contenidos de sílice por encontrarse de forma abundante y su utilización es común en la zona del callejón de Huaylas cuyas propiedades y elementos químicos serán expuestos después del estudio fisicoquímico que se le realizara.

Resistencia

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

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

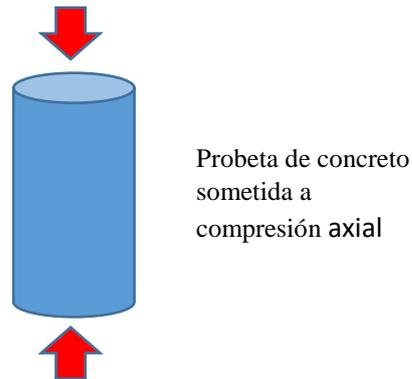


Figura N° 6: Compresión axial

Fuente: Elaboración Propia

Dimensiones.

a) Relación agua/cemento (A/C)

La relación A/C de la mezcla influirá mucho sobre la resistencia del hormigón endurecido con un envejecimiento dado.

Una mezcla dada puede tener una resistencia relativamente buena o mala, dependiendo de la cantidad de agua que se agregue. Una mayor relación A/C dará una menor resistencia, esto quiere decir que, a mayor cantidad de agua, menos resistencia.

b) Contenido de cemento

La resistencia del hormigón aumenta con la proporción de cemento en la mezcla, hasta que se alcanza la resistencia del cemento o el agregado, según el que sea más débil. Los cementos finamente molidos resultan convenientes en

cuanto a que aumentan la resistencia, en especial en los primeros días de envejecimiento, y también aumentan la trabajabilidad.

c) Agregados

Las características de los agregados que influyen sobre la resistencia del hormigón son el tipo, la forma, textura, tamaño máximo, solidez, gradación y limpieza de la partícula.

- Tipo de agregado

Por lo general, el efecto sobre la resistencia del hormigón del tipo de agregado con peso normal, propiedades y gradación satisfactorias, es pequeño, debido a que los agregados son más fuertes que la pasta de cemento.

- Tamaño máximo

Conforme se aumenta el tamaño máximo del agregado en una mezcla de hormigón de un revenimiento dado, se disminuyen los contenidos de agua y de cemento, en kg/m³ de hormigón.

d) Edad del concreto

Se ha demostrado que la resistencia a la compresión aumenta con el envejecimiento, hasta por 50 años, si existe humedad. De acuerdo con (Ingenieriareal ,2012) está claro que las ganancias de endurecimiento del concreto se produce mayormente en los días iniciales después de la colada del mismo, y se obtiene un 90% en tan solo los 14 días y llega a alcanzar un 99% al llegar los 28 días, pero después de estos 28 días el concreto sigue adquiriendo mayor resistencia, pero ya es mínima a comparación de estos días mostrados anteriormente.

e) Carga Axial

Fuerza que actúa a lo largo del eje longitudinal de un miembro estructural aplicada al centroide de la sección transversal del mismo produciendo un esfuerzo uniforme. También llamada fuerza axial.

Operacionalización de variable:

Variable dependiente: “Resistencia a la Compresión de un Concreto $F'c=210$ kg/cm²”

Tabla 4: Variable dependiente

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador
Resistencia a la compresión de un concreto $F'c=210$ kg/cm ² .	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento (Juárez E. 2005).	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un concreto, y que considera los siguientes aspectos: <ul style="list-style-type: none">• Tipo de Cemento.• Hidratación.• Tiempo de fraguado.• Endurecimiento.	Kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia

Variable independiente: “Sustitución del cemento con 8% Y 16% con Ceniza de Retama”

Tabla 5: Variable Independiente

Variable	Definición operacional	Indicador
Sustitución por la combinación de 8% y 16% de ceniza de Retama.	Utilizar las propiedades puzolanas de la ceniza de Retama y sustituirlos en proporciones de 8% y 16% en el cemento a la hora de fabricar concreto con características $F'c=210$ kg/cm ² .	Porcentaje 8% y 16 % de ceniza de retama

Fuente: Elaboración propia

En la presente tesis se formuló la siguiente hipótesis, La sustitución de cemento en 8% y 16% por una combinación de ceniza activada de la Retama permitiría obtener un concreto $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad de Huaraz - 2019.

El objetivo General del presente estudio es: Determinar la resistencia a la compresión de un concreto $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ cuando el cemento se sustituye en 8% y 16% por la combinación de ceniza de Retama.

Y como objetivos específicos:

- Determinar el rango de activación de la “Retama” mediante el ensayo de activación térmica diferencial (ATD).
- Caracterizar la composición química y de alcalinidad de las cenizas de Retama, utilizando Fluorescencia de Rayos X.
- Determinar el peso específico de la ceniza de retama, como también el peso específico ceniza de retama en las proporciones 8% y 16% combinada con cemento.
- Determinar el pH de la ceniza de retama, y sus respectivas proporciones con cemento
- Determinar la relación agua – cemento para el concreto patrón y para los concretos experimentales.
- Determinar y comparar las resistencias a la compresión de un concreto patrón y experimental a los 7, 14 y 28 días de curado y comparar sus resultados.

II. METODOLOGÍA

El tipo de investigación es aplicada, porque se quiere lograr un nuevo conocimiento para ver cómo cambia o varía la resistencia a la compresión de un concreto $F'c=210$ kg/cm² cuando se sustituye un porcentaje del cemento por la combinación de ceniza de Retama al 8% y 16%.

Es una investigación Cuantitativa, porque se estudia las variables y sus indicadores objetivamente midiendo y registrando sus valores respuesta en los instrumentos de recolección de datos (guías de observación). La hipótesis debe ser demostrable por medios matemáticos y estadísticos y constituye la base alrededor de la cual se diseña todo el experimento.

Es un diseño experimental del tipo en bloque al azar, porque es un proceso en el cual estudiaremos el diseño convencional del concreto en comparación con el nuevo diseño.

DÍAS DE CURADO	PROBETAS DE CONCRETO CON PORCENTAJES DE SUSTITUCIÓN DE CONCRETO POR CENIZA DE RETAMA.		
	0%	8%	16%
07	 \bar{x}	 \bar{x}	 \bar{x}
14	 \bar{x}	 \bar{x}	 \bar{x}
28	 \bar{x}	 \bar{x}	 \bar{x}
\bar{x} : Promedio de Resistencia			

Figura N° 7: Diseño en bloque cantidad de probetas según días de curado y porcentaje con sustitución de ceniza de retama.

Fuente: Elaboración propia

El diseño se hará con una muestra patrón y comparar con los porcentajes dados de acuerdo a norma técnica, que serán elaboradas en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro.

La población está conformada por probetas de concreto, para este estudio se trabajará con una muestra de 27 probetas, 9 probetas sin sustitución (Muestras patrón) y 18 con sustitución de ceniza de Retama en un 8 y 16%.

Materiales para la elaboración de probetas:

- Ceniza de Retama
- La ceniza será analizada en un laboratorio para ver su PH y su composición puzolánica.
- El agregado fino y grueso para el diseño de morteros se extraerá de la cantera “Tacllan -Grupo Rolan”
- El material será llevado en sacos de polietileno al laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro filial.
- Cemento portland Tipo I marca “Sol”

La muestra es un subconjunto de casos o individuos de una población estadística, En esta investigación se trabajó con 27 probetas de concreto $F'c: 210\text{kg/cm}^2$

- 9 sin sustitución de cemento.
- 9 con sustitución de cemento al 8% por ceniza de retama.
- 9 con sustitución de cemento al 16% por ceniza de retama.

Para la interpretación del proceso del proyecto se hará usando el siguiente esquema para el diseño experimental que se realizará en la investigación.

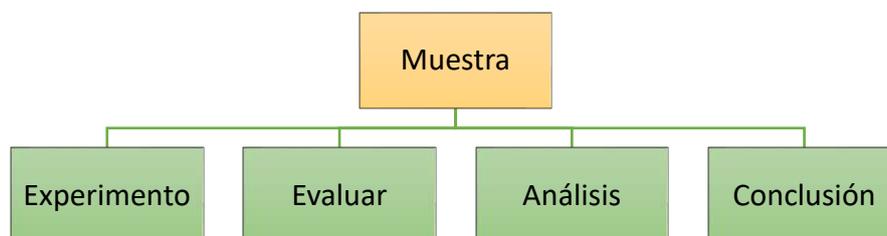


Figura N° 8: Interpretación de los procesos a realizar.

Fuente: Elaboración Propia

Las técnicas e instrumentos de investigación se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 6: *Técnicas de Recolección de Información*

Técnicas de Recolección de Información	Instrumento
La Observación	Ficha de observación del Laboratorio de Mecánica de suelo y ensayo de materiales

Fuente: Elaboración Propia

Se aplicará como técnica la observación ya que la percepción del material debe ser registrada en forma cuidadosa y experta. Todo lo observado se debe poner por escrito en las fichas técnicas porque nos permitirá elaborar sistemas de organización y clasificación de la información de los diversos ensayos y de la resistencia a la compresión.

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

Para realizar el análisis de los datos se tendrá presente:

- Retama calcinada a temperatura de 400 grados por 2 horas
- El agregado grueso y agregado fino se extrajeron de la cantera “Tacllan -Grupo Rolan”
- Se utilizó cemento de la marca “Sol” portland tipo 1
- El agua utilizada es potable.

Localización en Ancash

La selección y extracción de Retama proviene de la vía Huaraz – Pinar entre las coordenadas: Este: 223629.79 - Norte: 8946774.98 a una altura: 3239 msnm. Así mismo los agregados grueso y fino fueron extraídos de la cantera Tacllan Grupo Rolan ubicado entre las coordenadas: Este: 221594.29 - Norte: 8943631.42 a una altura: 3049 msnm.

Para el análisis de los materiales tanto en su composición física y mecánicas se procedió de la siguiente manera:

En primer lugar, se realizó la extracción y tratamiento de la retama para su utilización en el concreto, para ello nos dirigimos a la salida norte-este de la ciudad de Huaraz vía Huaraz- Pinar en este sector se encontró la retama seca de forma natural que facilitó su extracción y transporte, la extracción se realizó de forma manual con el uso de serruchos, y machetes, para el transporte se utilizaron bolsas de polietileno de 75 lt, su utilización fue para aislar la retama de posibles contaminaciones al momento del traslado a la ciudad de Huaraz, Después de la extracción se procedió a dar un pre quemado para ello se llevó a un horno limpio donde se procedió a calcinar la ceniza para disminuir su volumen y así poder ser trasladado y guardado para los procedimientos indicados como fueron:

Primero, se mandó 100g envueltos en papel de aluminio para aislar la muestra de una posible contaminación a la Universidad Nacional de Trujillo- Departamento de Ingeniería de Materiales “Laboratorio de Polímeros”, donde un Analizador Térmico Simultaneo modelo TG-DTA-DSC, con una temperatura máxima de 1600°C de la marca Setsys-Evolution, que cumple con las normas ASTM ISO 11357, ASTM E969. ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, se aplicaron los siguientes ensayos como fueron de Análisis Térmico por Calorimetría diferencial de Barrido (DSC), Análisis Térmico Diferencial (DTA) y Análisis Termogravimétrico (TGA). Estos análisis ayudaran a encontrar una temperatura aproximada de calcinación, después de determinar estas características de diseño se trasladaron 3kg de ceniza de retama a la ciudad de Trujillo para su quemado y análisis en el “Laboratorio de Procesamiento de Minerales” de la Universidad Nacional de Trujillo, donde se procedió a su calcinación a una temperatura de 400 grados centígrados por un tiempo de dos horas, de los 3 kg de muestra inicial se obtuvo un peso final de 0.700 kg que es el 23.3% de la muestra inicial.

Segundo, se trasladó 200 gr de ceniza de retama protegida con papel de aluminio al Laboratorio de Ciencias Físicas (Laboratorio de Archeometría), de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, donde se realizó el análisis por Fluorescencia de

Rayos-X Dispersiva en Energía (FRXDE) para ello se utilizó un Espectrómetro de FRXDE de la Marca AMPTEK con Ánodo de Oro. Con este procedimiento se verificará los elementos químicos que contiene la ceniza de retama.

Tercero, simultáneamente a los ensayos y análisis realizados anteriormente mencionados se procedió en el laboratorio de Mecánica de suelos de la Universidad San Pedro SAD Huaraz, los ensayos de los agregados con los siguientes procedimientos contenido de humedad según ASTM D2216-71, Análisis granulométricos, Peso específico y absorción según ASTM C29, NTP 400.022, Pesos unitarios suelto y compactado según ASTM C29/C29M NTP 400.017. Módulo de fineza según NTP 400.037. Los datos obtenidos sirvieron para desarrollar el diseño de mezcla de concreto patrón y experimental.

Cuarto, con los datos obtenidos en el tercer paso se procedió a calcular la dosificación para el Diseño de Mezcla tanto para el concreto patrón y experimental.

Quinto, Teniendo la dosificación de los materiales utilizados se buscó la relación A/C del concreto experimental y patrón con una relación A/C de 0.68, según lo indicado en la NTP 339.033, dicho ensayo se hizo en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro.

Al finalizar todos estos pasos se procedió a la elaboración de las probetas de concreto en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro con el uso de moldes cilíndricos lámina rígida con dimensiones de 15cm de diámetro y 30cm de altura NTP 339.034:2008., los cuales se limpiaron con anterioridad para evitar posibles contaminaciones producidas por el uso inadecuado, al momento del ensayo se le aplicó una película de petróleo en el interior del molde para facilitar el desmolde de las probetas, el cual va a evitar la adherencia entre la lámina y el concreto.

Para concluir con el ensayo se utilizó una mezcladora eléctrica, y se procedió de la siguiente manera; Primero se produjo el concreto patrón que nos ayudará a contrastar y verificar tanto el diseño como la diferencia de las resistencias obtenidas a los 7 ,14 y 28 días con una relación agua cemento (A/C) de 0.653, para las probetas de diseño se procedió de la siguiente manera; se comenzó con la utilización de una balanza

analítica para pesar las cantidades exactas de los agregados, cemento y las proporciones de ceniza en peso (kg), posteriormente se agregó el cemento y luego la ceniza de Retama, Se mezcló durante 1 minuto, A/C de 0.664 para la adición de 8% de ceniza de retama y A/C de 0.673 para la adición de 16% de ceniza de retama, luego la mezcla se vació en moldes metálicos, el vaciado fue realizado en tres capas. Se compactó con una varilla de acero punta de bala diámetro de 6.35 mm (L/4") dando 25 golpes por capa distribuidos en toda el área, aproximadamente un golpe cada pulgada cuadrada. Así como 15 golpes al molde metálico por capa con un martillo de goma. Alrededor del diámetro del molde cilíndrico. Luego se rotuló cada una para regresar el día siguiente a desencofrarlas y poder así proceder a sumergirlas en agua para su curado correspondiente. Todos los especímenes se mantuvieron en sus moldes durante 24 h protegiéndolos de la pérdida de humedad y posteriormente fueron curados en forma estándar. El procedimiento de mezclado, colado y curado. Utilizando agua potable de acuerdo a la Norma E.060.

La prueba de revenimiento o también conocida como de asentamiento, Los procedimientos realizados fueron, Humedecer el molde y el piso o placa base, ejecutar sobre una superficie rígida no absorbente. Apoyar fijamente el molde sobre la base colocando y presionando con los dos pies los estribos del molde. Por ningún motivo debe moverse los pies durante el llenado del molde. Utilizamos una base construida de un material liso y no absorbente, varilla de 24" de largo por 1 /4" de diámetro que deberá tener uno o ambos extremos redondeados semiesféricamente. El molde en forma de cono truncado se llena con la mezcla en 3 capas de la misma altura, compactando con 25 golpes de varilla por vez, acto seguido se levanta el molde y se mide cuanto ha descendido la mezcla en el punto central. El valor obtenido, es la medida de la consistencia de la mezcla. Se la denomina también asentamiento, puede variar entre 3" y 4", según sea el tipo de estructura y los procedimientos de encofrado colocación y compactación.

El ensayo de Resistencia a la Compresión se realizó con una Máquina de rotura de testigos de concreto a compresión marca ELE internacional, Modelo 36-0650106,

serie 080400000016. Para todas las probetas a las edades de 7, 14 y 28 días que se hicieron en el laboratorio de materiales de la Universidad San Pedro SAD Huaraz.

III. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en diversos laboratorios, se muestran a continuación:

Resultados para la obtención de ceniza de retama

Se seleccionó retama secada naturalmente por la temporada en la que estábamos (Agosto), partiendo de una altura de 60 centímetros, por lo general esta especie de retama alcanza una altura de 3 m del terreno donde se encontró, por tal motivo la retama extraída tenía una altura promedio de 2.40 m, la extracción se realizó con guantes y anteojos de seguridad y la ayuda de cierra manual, serrucho y machete que facilitaron su extracción de forma correcta luego se aisló en bolsas de polietileno de 75 lt en total se extrajo aproximadamente unos 37 kg que fueron trasladados para proceder a dar un pre quemado en un horno particular previamente limpiado, en este horno se garantizó que la ceniza de retama salga sin contaminarse luego se extrajo en ollas de aluminio para ser guardadas y utilizadas según sea requerida.

Resultados de la incineración de ceniza de retama en la Universidad Nacional de Trujillo:

En esta institución se realizó en el Departamento de Ingeniería de Materiales “Laboratorio de Polímeros”, el análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido y el análisis termo gravimétrico TGA, estos análisis dieron como resultado las siguientes gráficas.

Análisis Termo Gravimétrico

Según el análisis Termo Gravimétrico se percibe una región importante de pérdida de masa en la muestra, cerca de 95°C y se aprecia una sutil pérdida de masa a partir de 300°C el material llega a perder aproximadamente 24 % cuando alcanza la máxima temperatura de ensayo.

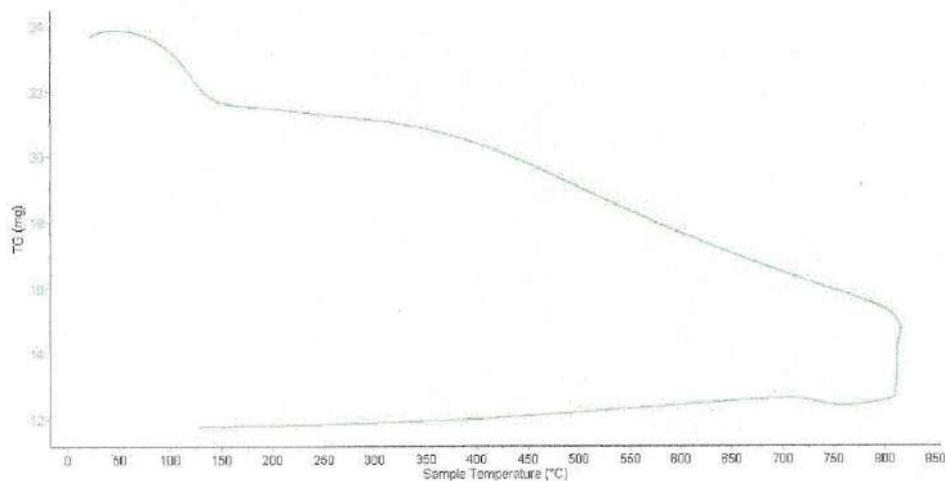


Figura N° 9: Curva de pérdida de masa – TG (mg) vs Temperatura (°C)

Análisis Calorimétrico

De acuerdo al análisis calorimétrico, la curva muestra un pico endotérmico (absorbe energía) a aproximadamente 115 °C y una región exotérmica (libera energía) atenuada entre 380 y 460 °C lo que supone un cambio estructural, que es presumiblemente la transformación de la muestra a su estado puzolánico.

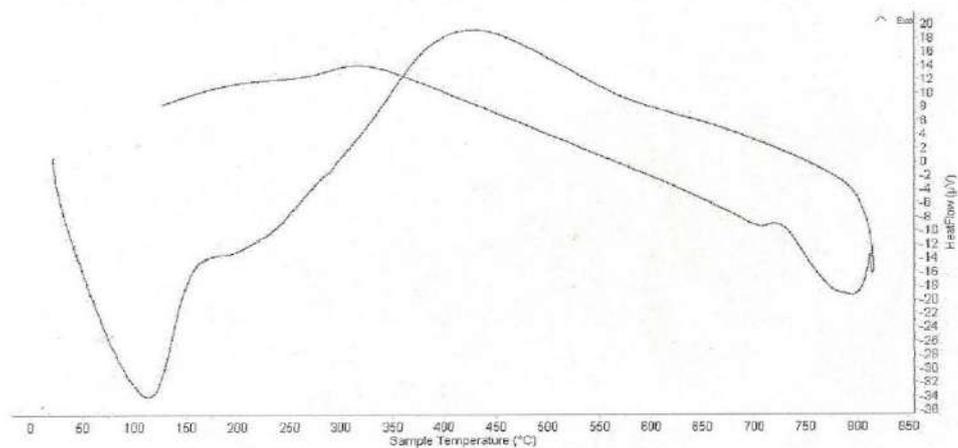


Figura N° 10: Curva Calorimétrica DSC – Flujo de Calor (µV) vs Temperatura (°C)

Temperatura y tiempo de quemado de la ceniza de retama

Con los ensayos antes mencionados más la bibliografía encontrada se tomó la decisión de proceder a quemar la ceniza de retama a una temperatura de 400°C y a un tiempo de 2 horas, este quemado se realizó en la Universidad Nacional de Trujillo - Laboratorio de Procesamiento de Minerales, con una muestra de 3Kg, para completar la ceniza faltante se procedió a su quemado en la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo – Laboratorio De Calidad Ambiental, donde se completó toda la cantidad requerida para nuestro ensayo al 8 y 16 % de ceniza de retama.

Obtención del peso específico de ceniza de retama

En el laboratorio de mecánica de suelos y ensayo de materiales de la Universidad San Pedro Filial-Huaraz. Se realizó la obtención del peso específico de la ceniza de retama el cual paso la malla N°200 con un valor de 3.13 gr/cm³,

Obtención del PH para la ceniza y la mezcla de ceniza con cemento al 8 y 16%

Este estudio se realizó en la UNASAM-Laboratorio De Calidad Ambiental, para las tres muestras de estudio.

Ensayo de PH - Ceniza de Retama

Tabla 7: Ensayo para la obtención de pH de Ceniza de Retama

CÓD.	PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	MC
					Fecha de muestreo	23/11/2017
					Hora muestreo	11:30
					Código laboratorio	OT170159
FQZ		ANALISIS FISICOQUIMICOS-MUESTRA DE CENIZA				
				NOM21-		
FQZ 02	pH	Unid. pH	AS-02			12.06

Fuente: Elaboración propia

Para el valor obtenido la página de pHmetro.top nos indica, que nos aproximamos al extremo de la escala por el lado básico, el reino de la base. Donde se puede comparar a la ceniza de retama con agua jabonosa.

Ensayo de PH - Ceniza de Retama más cemento proporción al 8%

Tabla 8: Ensayo para la obtención de pH de cemento con ceniza de retama al 8%

CÓD.	PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	MC – 8%
					Fecha de muestreo	23/11/2017
					Hora muestreo	11:35
					Código laboratorio	OT170160
FQCZ		ANALISIS FISICOQUIMICOS-MUESTRA DE CENIZA				
				NOM21-AS-		
FQCZ 02	pH	Unid. pH	02			12.71

Fuente: Elaboración propia

Para el valor obtenido de 12.71 la ceniza de retama más el cemento en proporción al 8% nos indica que la concentración está llegando al extremo de la escala básica comparándose al amoniaco casero.

Ensayo de PH - Ceniza de Retama más cemento proporción al 16%

Tabla 9: Ensayo para la obtención de pH de cemento con ceniza de retama al 16%

CÓD.	PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	MC – 16%
					Fecha de muestreo	23/11/2017
					Hora muestreo	11:40
					Código laboratorio	OT170161
FQCZ		ANALISIS FISICOQUIMICOS-MUESTRA DE CENIZA				
				NOM21-AS-		
FQCZ 02	pH	Unid. pH	02			12.52

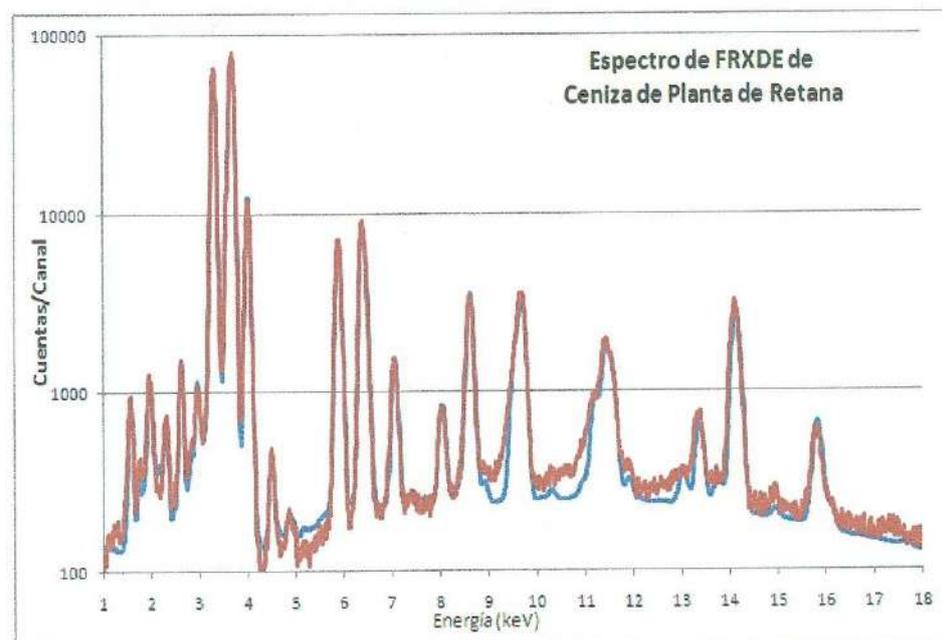
Fuente: Elaboración propia

Para el valor obtenido de 12.52 la ceniza de retama más el cemento en proporción al 16% nos indica que la concentración es básica y se puede comparar a la cal.

De las tres muestras analizadas en el laboratorio se puede concluir que tanto la ceniza de retama, la ceniza de retama más cemento al 8% y la ceniza de retama más cemento al 16% al tener un pH cercano al valor 14 es básica.

Análisis de Fluorescencia de Rayos-X Dispersiva (FRXDE)

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía la muestra de ceniza de la planta de retama, como primer paso se analizó cualitativamente para identificar la presencia de elementos de la muestra, luego se procedió con el análisis cuantitativo basándose en el método de parámetros fundamentales que incluye la composición elemental de las muestras, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-



X que emite la fuente y su interacción con la muestra. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X como se muestra en la figura.

Figura N° 11: Espectro de FRXDE de una muestra de ceniza de planta de retama en escala semilogarítmica. Incluyendo el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado.

En la Figura N°11 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de ceniza de planta de retama. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energía de 1 a 18 keV que es el rango de interés de este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos.

Tabla 10: Composición elemental de la muestra de ceniza

OXIDO	% MASA	NORMALIZADO
SiO ₂	5.336	9.399
P ₂ O ₅	4.44	7.821
SO ₂	1.299	2.289
ClO ₂	1.736	3.058
K ₂ O	17.241	30.366
CaO	24.618	43.362
TiO ₂	0.06	0.106
MnO	0.136	1.287
Fe ₂ O ₃	0.767	1.297
Ni ₂ O ₃	0.002	0.003
CuO	0.025	0.044
ZnO	0.154	0.27
Rb ₂ O	0.012	0.02
SrO	0.296	0.551
ZrO ₂	0.01	0.018
BaO	0.041	0.073
Totales	56.776	100

Fuente: Elaboración propia

La tabla 11 muestra los resultados del análisis elemental de la muestra. Las concentraciones están dadas en porcentaje (%) de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en el proceso de calcinación y luego se normalizan para dar un total de 100%. Debe recalarse que la técnica da directamente la concentración de los elementos químicos. Estos resultados se utilizan luego para determinar la concentración de los óxidos.

En la tabla se puede ver que predomina el óxido de calcio (CaO) también llamada cal viva, la cal se ha usado desde la más remota antigüedad como conglomerante en la construcción, el óxido de calcio es una sustancia de color blanco o blanco grisáceo, que al contacto del agua se hidrata o apaga, con desprendimiento de calor, y mezclada con arena forma una argamasa o mortero de cal. En tal sentido se puede decir que ayuda al fraguado del cemento. (Universidad Nacional del Nordeste, 2006)

Así mismo el K₂O El óxido de potasio, también llamado óxido de dipotasio, es una sal iónica de oxígeno El K₂O es el óxido de potasio más simple, es un compuesto altamente reactivo y raramente encontrado. Algunos materiales de comercio, tales como fertilizantes y cementos, se ensayan asumiendo el porcentaje de composición que sería equivalente a la mezcla de compuestos químicos K₂O.

Observación:

Los óxidos componentes del cemento en porcentaje para ver la velocidad de fraguado se pueden ver en la siguiente tabla:

Tabla 11: Óxidos componentes del cemento

Óxidos componentes	Fraguado	
	Lento	Rápido
Sílice SiO ₂	20.00%	22.00%
Óxido ácido sulfúrico SO ₃	1.60%	2.70%
Óxido férrico Fe ₂ O ₃	4.00%	4.00%
Óxido de aluminio Al ₂ O ₃	4.00%	10.00%
Óxido de calcio CaO	62.00%	55.00%
Óxido de magnesio MgO	2.00%	2.80%
Óxidos de Na y K	0.30%	0.30%
Pérdidas por calcinación	7.40%	3.10%

Fuente: (Universidad Nacional del Nordeste, 2006)

En forma simplificada podemos decir que en los distintos tipos de cemento su composición varía entre:

55 – 65% de CaO + MgO

20 - 25% de SiO₂ + SO₃

8 - 15% de Al₂O₃ + Fe₂O₃

Se denominan componentes ácidos al SiO₂, SO₃, Fe₂O₃, y Al₂O₃ y básicos al CaO, MgO, K₂O, Na₂O; se denomina índice de hidraulicidad a la relación entre éstos componentes:

$I = \frac{SiO_2 + SO_3 + Fe_2O_3 + Al_2O_3}{CaO + MgO + K_2O + Na_2O}$ De acuerdo al valor de éste índice los cementos se clasifican en:

Cementos rápidos: 0.65 I 1.20 fraguan en un tiempo menor a 1 hora

Cementos lentos: 0.50 I 0.65 fraguan en un tiempo mayor a 8 horas.

Propiedades de los materiales:

Los ensayos realizados a los agregados fino y grueso son:

Contenido de humedad

El presente modo operativo establece el método de ensayo para determinar el contenido de humedad de agregado fino y grueso.

El contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de agregado fino y grueso.

Tabla 12: Ensayo de contenido de humedad de agregado fino.

AGREGADO GRUESO		
Recipiente N°	N° 19	N° 24
1. Peso Recipiente + Agregado Húmedo	1256.30	1164.30
2. Peso Recipiente + Agregado Seco	1249.60	1158.00
3. Peso Recipiente (gr)	165.90	172.70
4. Peso del agua (1) - (2)	6.90	6.30
5. Peso Suelo Seco (2) - (3)	1083.70	985.30
6. Humedad (4/5) x 100%	0.64	0.64
HUMEDAD PROMEDIO		0.6

Fuente: Elaboración propia – Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Huaraz

Tabla 13: Ensayo de contenido de humedad de agregado grueso.

AGREGADO FINO		
Recipiente N°	N° 17	N° 26
1. Peso Recipiente + Agregado Húmedo	851.30	896.10
2. Peso Recipiente + Agregado Seco	837.00	862.00
3. Peso Recipiente (gr)	165.60	165.50
4. Peso del agua (1) - (2)	14.30	34.10
5. Peso Suelo Seco (2) - (3)	671.40	696.50
6. Humedad (4/5) x 100%	2.13	4.90
HUMEDAD PROMEDIO		3.5

Fuente: Elaboración propia – Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Huaraz

Análisis granulométrico de agregado fino

Los resultados del análisis de contenido de humedad según ASTM D2216-71 se obtuvo la humedad promedio 0.6% para el agregado grueso y 3.5% el agregado fino.

Análisis granulométrico del agregado fino

Tabla 14: Ensayo de análisis granulométrico de arena

Peso seco inicial:	2644.50 gr
Peso seco lavado:	2576.30 gr
Peso perdido por lavado:	68.20 gr

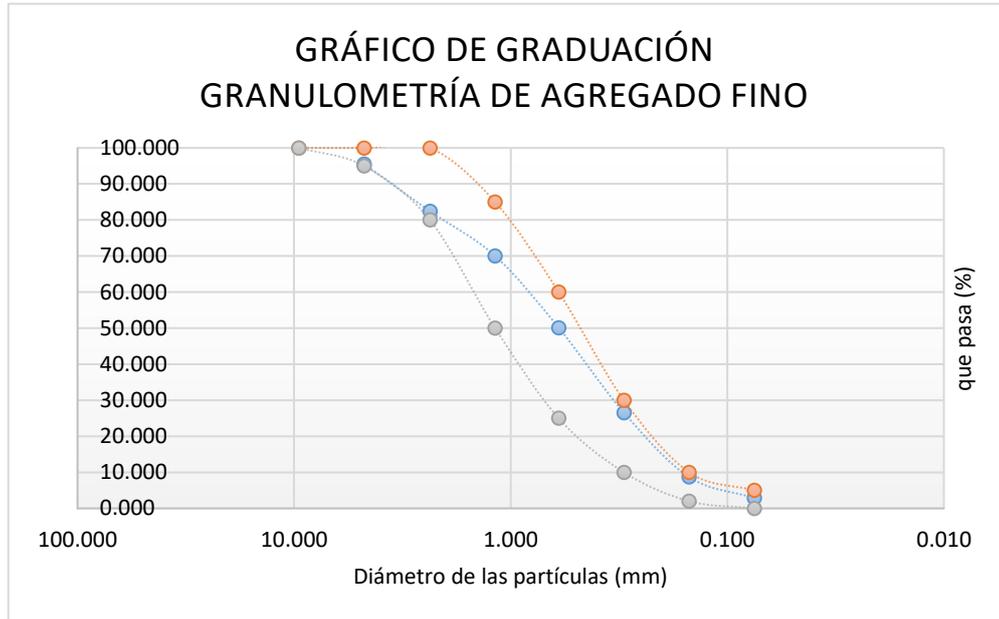
AGREGADO FINO

N°	TAMIZ ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000	0	0	0	
2 1/2"	63.000	0	0	0	
2"	50.000	0	0	0	
1 1/2"	38.100	0	0	0	
1"	25.000	0	0	0	
3/4"	19.000	0	0	0	
1/2"	12.500	0	0	0	
3/8"	9.500	0	0	0	
N° 4	4.750	118.9	4.496	4.496	95.504
N°8	2.360	345.2	13.054	17.550	82.450
N° 16	1.180	328.2	12.411	29.960	70.040
N° 30	0.600	526.8	19.921	49.881	50.119
N° 50	0.300	623.4	23.573	73.454	26.546
N° 100	0.150	472.1	17.852	91.306	8.694
N° 200	0.075	153.3	5.797	97.103	2.897
PLATO		76.6	2.897	100.000	0.000
TOTAL		2644.50 gr	100		
			Módulo de finura		2.67

Fuente: Elaboración propia – Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Huaraz

De la tabla 14 del Análisis granulométrico del agregado fino se obtuvo un módulo de finura igual 2.67, tamaño máximo nominal n° 4, por el proceso de lavado hubo una diferencia de 68.20gr del peso inicial seco. El agregado se encuentra dentro del límite permisible.

Figura N° 12: Curva granulométrica del agregado fino



Fuente: Elaboración Propia

Análisis granulométrico de agregado grueso:

Tabla 15: Ensayo de análisis granulométrico de grava

Peso seco inicial:	12424.30 gr
Peso seco lavado:	12424.30 gr
Peso perdido por lavado:	0.00 gr

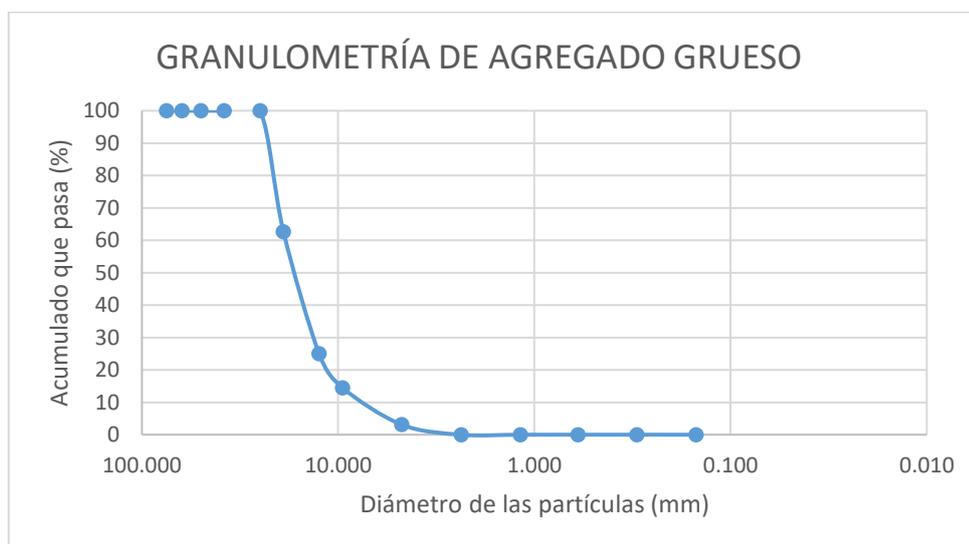
AGREGADO GRUESO

TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2"	50.000	0	0	0	100
1"	25.000	0	0	0	100
3/4"	19.000	4623.30	37.286	37.286	62.714
1/2"	12.500	4675.70	37.708	74.994	25.006
3/8"	9.500	1301.00	10.492	85.487	14.513
N° 4	4.750	1412.20	11.389	96.876	3.124
PLATO		387.40	3.124	100.000	0.000
TOTAL		12399.60 gr	100		
Módulo de finura					7.20

Fuente: Elaboración propia – Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Huaraz

De la tabla 15 del Análisis granulométrico del agregado grueso se obtuvo un módulo de finura igual 7.20, tamaño máximo nominal 3/4", el agregado se encuentra dentro del límite permisible.

Figura N° 13: Curva granulométrica del agregado grueso.



Fuente: Elaboración Propia

Peso específico y absorción de los agregados

Tabla 16: Ensayo del Peso específico y absorción de agregado grueso.

AGREGADO GRUESO			
IDENTIFICACIÓN	N° 17	N° 24	N° 36
A. Peso Material Saturado Superficialmente seca (en Aire) (gr)	1007.20	1012.23	1034.30
B. Peso Material Saturado Superficialmente seca (en Agua) (gr)	624.50	631.70	649.50
C. Volumen de Masas / Volumen de vacíos = A - B	382.70	380.53	384.80
D. Peso Material Seco en Estufa (105° C)	1003.50	1008.80	1028.17
E. Volumen de Masa = C - (A - D)	379.00	377.10	378.67
Pe Bulk (Base Seca) = D / C	2.62	2.65	2.67
Pe Bulk (Base Saturada) = A / C	2.63	2.66	2.69
Pe Aparente (Base Seca) = D / E	2.65	2.68	2.72
% de Absorción = ((A - D) / D) x 100	0.37	0.34	0.60
% Pe Bulk (Base Saturada)		2.66	
% de Absorción		0.43	

Fuente: Elaboración propia – Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Huaraz

De la tabla 16 del Ensayo del Peso específico y absorción de agregado grueso se obtuvo un porcentaje de peso específico (Base Saturadas) 2.66% y un porcentaje de absorción igual a 0.43%.

Tabla 17: Ensayo del Peso específico y absorción de agregado fino

IDENTIFICACIÓN	N° 23
A. Peso Material Saturado Superficialmente seca (En Aire) (gr)	300.00
B. Peso Frasco	665.80
C. Peso Frasco + H ₂ O = A + B	965.80
D. Peso del Material + H ₂ O en el Frasco	858.50
E. Volumen de Masa + Volumen de Vacío = C -D	107.30
F. Peso del Material Seco en Estufa (105° C)	292.30
G. Volumen de Masa = E - (A - F)	99.60
Pe Bulk (Base Seca) = F / E	2.724
Pe Bulk (Base Saturada) = A / E	2.796
Pe Aparente (Base Seca) = F / G	2.935
% de Absorción = ((A - F) / F) x 100)	2.634
% Pe Bulk (Base Saturada)	2.80
% de Absorción	2.63

Fuente: Elaboración propia – Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Huaraz

De la tabla 17 del Ensayo del Peso específico y absorción de agregado fino se obtuvo un peso específico (Base Saturadas) 2.80% y un porcentaje de absorción igual a 2.63%.

Peso Unitario

Tabla 18: Ensayo de peso unitario suelto y compactado de agregado grueso.

AGREGADO GRUESO						
TIPO DE PESO UNITARIO	PESO UNITARIO SUELTO			PESO UNITARIO COMPACTADO		
Muestra N°	1	2	3	1	2	3
Peso Material + Molde (Kg)	19.168	19.172	19.115	20.013	20.026	20.012
Peso del Molde (Kg)	5.310	5.310	5.310	5.310	5.310	5.310
Peso del Material (Kg)	13.858	13.862	13.805	14.703	14.716	14.702
Volumen del Molde (m ³)	9.341	9.341	9.341	9.341	9.341	9.341
Peso Unitario (kg/m ³)	1.484	1.484	1.478	1.574	1.575	1.574
Peso Unitario Promedio	1.48			1.57		

Fuente: Elaboración propia – Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Huaraz

De la tabla 18 se obtuvo un peso unitario suelto igual a 1480 kg/m³ y compactado 1574.6 kg/m³ grueso.

Tabla 19: Ensayo peso unitario suelto y compactado de agregado fino.

AGREGADO FINO						
TIPO DE PESO UNITARIO	PESO UNITARIO SUELTO			PESO UNITARIO COMPACTADO		
Muestra N°	1	2	3	1	2	3
Peso Material + Molde (Kg)	7.588	7.605	7.600	8.062	8.047	8.055
Peso del Molde (Kg)	3.426	3.426	3.426	3.426	3.426	3.426
Peso del Material (Kg)	4.162	4.179	4.174	4.636	4.621	4.629
Volumen del Molde (m ³)	2.776	2.776	2.776	2.776	2.776	2.776
Peso Unitario (kg/m ³)	1.499	1.505	1.504	1.670	1.665	1.668
Peso Unitario Promedio	1.50			1.67		

Fuente: Elaboración propia – Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Huaraz

De la tabla 19 se obtuvo un peso unitario suelto igual a 1505 kg/m³ y compactado 1667.4 kg/m³ grueso.

DATOS FINALES OBTENIDOS:

Tabla 20: Datos obtenidos de los ensayos en el laboratorio de los agregados fino y grueso

AGREGADOS:	FINO	GRUESO
Perfil:		Angular
Peso unitario suelto (Kg/m3)	1502.8	1481.8
Peso unitario compactado (Kg/m3)	1667.4	1574.5
Peso específico (Kg/m3)	2796.0	2666.0
Módulo de fineza	2.67	7.20
TMN		3/4"
% Absorción	2.63%	0.43%
% Humedad	3.50%	0.60%

Fuente: Elaboración propia – Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Huaraz

Los resultados del análisis granulométrico del agregado fino para el diseño de mezclas de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ del laboratorio se muestran en los Anexos adjuntos.

Diseño de mezcla

Piedra chancada y agregado fino $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$

El método utilizado para el diseño de mezclas de concreto es el ACI 211, la piedra chancada se obtuvo por trituración artificial de rocas de la cantera de Tacllan procesado por la chancadora “Rolan” para el diseño de mezcla correspondiente.

Como se trata de un concreto natural, según especificación de la Norma Técnica Peruana; el resultado obtenido de acuerdo con los datos técnicos en cantidad de materiales por metro cubico de concreto y las proporciones corresponden a un concreto normal utilizado en la actualidad.

Datos obtenidos en los ensayos anteriores:

- Contenido de humedad
- Análisis granulométrico de agregado fino
- Análisis granulométrico de agregado grueso
- Gravedad específica y absorción
- Peso unitario

Datos:

Tabla 21: Valores de diseño de materiales para la mezcla de concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$

Cemento:	Tipo I	
Peso	42.5	Kg
Resistencia:	210	Kg/cm ²
Peso específico del cemento:	3.15	Gr/cm ³
Slump:	3-4.	"
Peso específico del agua:	1000	Kg/m ³

Fuente: Laboratorio de ensayo de materiales y concreto de la USP- Huaraz

De la tabla 21 se puede apreciar que el tipo de cemento a usar es portland I marca Sol de 42.5kg, con peso específico de 3.15 gr/cm³. El Slump está en el rango de 3 a 4”.

Datos de los materiales ensayados

Tabla 22: Datos obtenidos de los ensayos de los agregados

AGREGADOS:	FINO	GRUESO
Perfil:		Angular
Peso unitario suelto (Kg/m ³)	1505.0	1483.5
Peso unitario compactado (Kg/m ³)	1666.0	1574.6
Peso específico (Kg/m ³)	2796.0	2633.5
Módulo de fineza	2.72	7.94
TMN		3/4"
% Absorción	2.63%	0.38%
% Humedad	3.50%	0.60%

Fuente: Elaboración propia – Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Huaraz

Los datos obtenidos de la tabla 22, los agregados son adecuados para realizar el cálculo del diseño de mezcla para obtener un concreto de $F'c=210\text{ kg/cm}^2$. Para comparar con el diseño según la norma técnica peruana de la parte teórica.

Cálculo del contenido del aire:

Tamaño Máximo Nominal (TMN): Agregado Grueso 1.90 cm

De la tabla 20: Entonces Aire atrapado: 2 %

El contenido de aire está establecido según el tamaño máximo nominal igual 3/4".

Tabla 23: Contenido de aire atrapado

CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	
Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso	Aire Atrapado
3/8"	3.00%
1/2"	2.5
3/4"	2
1"	1.5
1 1/2 "	1
2"	0.5
3"	0.3
4"	0.2

Fuente: Elaboración propia – Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Huaraz

Cálculo del CONTENIDO DE AGUA:

Tamaño Máximo Nominal (TMN): Agregado Grueso 1.90 cm

De la tabla 21:

Sabemos que el Slump, es: 3-4.

El T.M.N del agregado grueso, es: 1.90 cm

Entonces Contenido de agua es:

a = 205 Lt.

El contenido de agua se realiza mediante la intersección del asentamiento por tamaño máximo nominal.

Tabla 24: Volumen unitario de agua

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA								
Agua en L/m ³ , para los tamaños Máximos Nominales de agregado grueso y consistencia indicada.								
Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154

Fuente: Elaboración propia – Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Huaraz

Cálculo de la relación agua cemento: por resistencia F'c

Sabemos que el F'c, es: $F'c = 210\text{kg/cm}^2$

Entonces, calculamos interpolando los datos según la resistencia obtenida:

De la tabla 26:

200	0.7
210	x
250	0.62

Entonces $a/c = 0.68$

Según la NTP la relación agua cemento para un concreto de F'c=210 kg/cm², es 0.68.

Tabla 25: Relación agua cemento por resistencia

Relación agua / cemento en peso		
F'c Kg/cm ²	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.8	207
200	0.7	208
250	0.62	209
300	0.55	210
350	0.48	211
400	0.43	212
450	0.38	213

Fuente: Elaboración propia – Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Huaraz

Cálculo de contenido de cemento:

Sabemos que: $a/c = 0.68$
 $a = 205 \text{ Lt.}$

Reemplazando: $\frac{205}{c}$ Entonces:

$$c = 299.71 \text{ kg}$$

FACTOR CEMENTO: $:= C/\text{Peso cemento}$
Entonces:
FACTOR C= 7.05 bls

Cálculo del peso del agregado grueso:

$$\text{Peso del agregado grueso} = \left(\frac{b}{b_0} \right) \times \text{Peso U.S.C}$$

Donde:

- b: Módulo de Fineza del agregado fino
- b₀: Tamaño Máximo Nominal de agregado fino
- u.s.c: Peso Unitario Seco Compactado del agregado grueso

De la tabla 23

Sabemos que el módulo de fineza de A.f., es: **2.72**

El tamaño Máximo Nominal del agregado grueso, es: **3/4"**

$$0.63 \left(\frac{b}{b_0} \right)$$

P. A.G = Entonces:

$$P. A. G = 996.66 \text{ kg}$$

2.6	0.64
2.72	x
2.8	0.62

Interpolando: Entonces b/b_0 0.63

Tabla 26: Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto

PESO DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO				
Volumen de agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino (b/b ₀)				
Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.50	0.48	0.48	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Elaboración propia – Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Huaraz

Cálculo del Volumen Absoluto:

Concreto total:	1.00 m ³	Peso específico del agua:	1000
$\text{Cemento}_{(VA)} = \frac{c}{(\text{pe.cemento})_{\text{gr/cm}^3} \times \text{pe.agua}}$		Cemento: 0.10 m ³	
$\text{Agua}_{(VA)} = \frac{a}{\text{pe.agua}}$		Agua: 0.21 m ³	
$\text{Aire}_{(VA)} = \frac{\text{aire atrapado}}{100}$		Aire: 0.02 m ³	
$\text{La suma de todo } \text{A.Gruoso}_{(VA)} = \frac{\text{P.A.G}}{\text{pe.A.G}} \cdot \text{igual a } 1\text{m}^3 \text{ de concreto}$		A. Grueso 0.37 m ³	
$\sum (\text{cem} + \text{agua} + \text{aire} + \text{A.grueso})_{VA}$		0.69 m ³	
		A. Fino 0.31 m ³	
Total de concreto =		1.00 m ³	

Para el diseño de mezcla se evalúa para un volumen de concreto igual a 1m³, peso específico de agua igual a 1000.

Cálculo del Peso del Agregado Fino:

$$= (\text{A.Fino})_{V.A} \times \text{pe.A.F}$$

A. Fino	853.06 kg
---------	-----------

Representación del DISEÑO EN ESTADO SECO

Tabla 27: Diseño en estado seco

Cemento	210.00	Kg
A. Fino	853.06	Kg
A. Grueso	996.66	Kg
Agua	205.00	Kg

Fuente: Elaboración propia

Agrupación de los datos calculados con anterioridad.

Cálculo por corrección por humedad de los agregados:

$$= P.\text{seco} \times \left(\frac{\%W}{100} + 1 \right) \quad \text{A. Fino corregido: } \boxed{882.92 \text{ Kg}}$$

$$= P.\text{seco} \times \left(\frac{\%W}{100} + 1 \right) \quad \text{A. Grueso corregido: } \boxed{1002.64 \text{ Kg}}$$

Cálculo por aporte de agua a la mezcla:

$$= \frac{(\%W - \%abs) \times P.\text{seco}_{\text{corregido}}}{100} \quad \text{A. Fino: } \boxed{7.68} \text{ Lt}$$

$$= \frac{(\%W - \%abs) \times P.\text{seco}_{\text{corregido}}}{100} \quad \text{A. Grueso: } \boxed{1.70} \text{ Lt}$$

$$\text{TOTAL: } \boxed{9.39} \text{ Lt}$$

Cálculo de agua efectiva:

Tabla 28: Cálculo de agua efectiva

	Cemento	A. Fino	A. Grueso	Agua
C:	299.71	299.71 kg	882.92 kg	1002.64 kg
				195.61 lt.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29: Proporcionamiento de los materiales

1.00 Kg	2.94 Kg	3.32 Kg	27.67 Lt.
$= \frac{c}{c}$	$= \frac{(A.F)_{CH}}{c}$	$= \frac{(A.G)_{CH}}{c}$	$= a - (a)_{AM}$

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de cantidad de material por tanda:

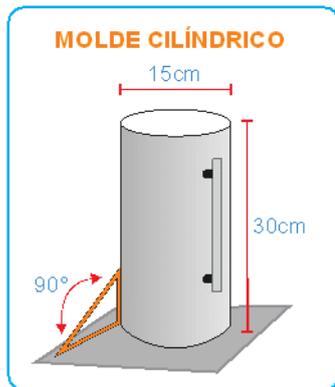
Tabla 30: Cantidad de material por tanda

Cemento	42.50	Kg/bls
A. Fino	125.20	Kg/bls
A. Grueso	142.18	Kg/bls
Agua de diseño	27.74	Lt/bls

Fuente: Elaboración propia

Para calcular la cantidad de material por tanda se multiplica por el peso del cemento que es 42.5kg.

Cálculo de proporción por probeta:



VOLUMEN DEL TESTIGO

$r = 0.075$ m

$h = 0.3$ m

$V = \pi r^2 h$

$V = 0.0053$ m³

Tabla 31: Cantidad de material para una probeta

DESCRIPCION	CANTIDAD DE MATERIAL (Kg)
Cemento	1.91 Kg
Arena	5.62 Kg
Grava	6.38 Kg
Agua	1.24 Kg

Fuente: Elaboración propia

Diseño de mezcla experimental

En la investigación se adicionó 8% y 16% de ceniza por el peso del cemento. Y se procedió de la siguiente manera:

Tabla 32: Cantidad de cemento para una probeta de concreto patrón.

DESCRIPCION	CANTIDAD DE MATERIAL (Kg)
Cemento	1.91 Kg

Fuente: Laboratorio de ensayo de materiales y concreto de la USP- Huaraz

Tabla 33: Adición 8% de ceniza de retama en la mezcla de concreto por probeta

DESCRIPCION	CANTIDAD DE MATERIAL (Kg)
Cemento	1.754 Kg
Ceniza de retama 8%	0.153 Kg

Fuente: Laboratorio de ensayo de materiales y concreto de la USP- Huaraz

Para el concreto experimental de adición de 8% se agregó 0.153 kg de ceniza de retama por probeta.

Tabla 34: Adición 16% de ceniza de retama en la mezcla de concreto por probeta

DESCRIPCION	CANTIDAD DE MATERIAL (Kg)
Cemento	1.602 Kg
Fibra de agave 10%	0.305 Kg

Fuente: Laboratorio de ensayo de materiales y concreto de la USP- Huaraz

Para el concreto experimental de adición de 16% se agregará un total de 0.305kg de ceniza de retama por probeta.

Cálculo de material por muestras y días de curado:

Se elaboró 27 probetas 9 patrones y 18 experimentales, el cual se procedió a calcular la cantidad de material a emplear en el diseño de mezcla.

Tabla 35: Proporción de materiales para 9 probetas patrón

CANTIDAD DE MATERIAL - 9 PROBETAS		
DESCRIPCION	CANTIDAD DE MATERIAL (Kg)	TOTAL:
Cemento	1.91 Kg	17.16 Kg
Arena	5.60 Kg	50.43 Kg
Grava	6.33 Kg	56.96 Kg
Agua	1.24 Kg	11.17 Kg

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36: Proporción de materiales por 9 probetas experimental de 8% de ceniza de retama

CANTIDAD DE MATERIAL - 9 PROBETAS		
DESCRIPCION	CANTIDAD DE MATERIAL (Kg)	TOTAL:
Cemento	1.754 Kg	15.786 Kg
Arena	5.60 Kg	50.43 Kg
Grava	6.33 Kg	56.96 Kg
Agua	1.24 Kg	11.17 Kg
Ceniza de retama 8%	0.153 Kg	1.377 Kg

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37: Proporción de materiales por 9 probetas experimental de 16% de ceniza de retama

CANTIDAD DE MATERIAL - 9 PROBETAS		
DESCRIPCION	CANTIDAD DE MATERIAL (Kg)	TOTAL:
Cemento	1.602 Kg	14.418 Kg
Arena	5.60 Kg	50.43 Kg
Grava	6.33 Kg	56.96 Kg
Agua	1.24 Kg	11.17 Kg
Ceniza de retama 16%	0.305 Kg	2.74 Kg

Fuente: Elaboración propia

LA CENIZA EN PESO TOTAL:

4.122 Kg

La cantidad de ceniza utilizada para el desarrollo de todas las probetas será de 4.122 kilogramos

Tabla 38: Proporción de material para 27 probetas.

DESCRIPCION	CANTIDAD DE MATERIAL (Kg)	TOTAL:
CEMENTO	1.91 Kg	47.364 Kg
ARENA	5.60 Kg	151.29 Kg
GRAVA	6.33 Kg	170.87 Kg
AGUA	1.24 Kg	33.52 Kg
CENIZA DE RETAMA	0.153 Y 0.305 Kg	4.20 Kg

Fuente: Elaboración propia

Relación agua cemento:

Una relación agua/cemento baja, conduce a un hormigón de mayor resistencia que una relación agua/cemento alto. Pero entre más alta esta relación, el hormigón se vuelve más trabajable. La menor relación a/c para obtener una hidratación completa del cemento se considera igual a 0,42.

Tabla 39: Relación agua cemento de concreto patrón vs experimental

DISEÑO F'C= 210 Kg/cm ²	Agua (Lt)	Adición de Agua por ensayo (Lt)	Agua Efectiva (Lt)	Cemento (Kg)	Relación a/c	Slump (cm)	Slump (")
Concreto Patrón	11.20	0.00	11.20	17.16	0.65	9.45	3.72
Concreto Exp 8%	11.20	0.19	11.39	17.16	0.66	8.83	3.48
Concreto Exp 16%	11.20	0.36	11.56	17.16	0.67	8.56	3.37

Fuente: Elaboración propia

Es necesario mencionar que se llevó diferentes diseños de mezcla de concreto para cada relación a/c para cada uno de ellos (0.65, 0.66, 0.67).

Se empleó para el diseño de mezclas el método del ACI – 211.1, además se tuvo en consideración lo establecido en la NTE 060.

Empleado para la compresión el neopreno.

$$\sigma = F/A \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

Para obtener mejor trabajabilidad de concreto fresco y elaborar las probetas experimentales se trabajó en la práctica adicionando agua en porcentajes como se indica en la tabla:

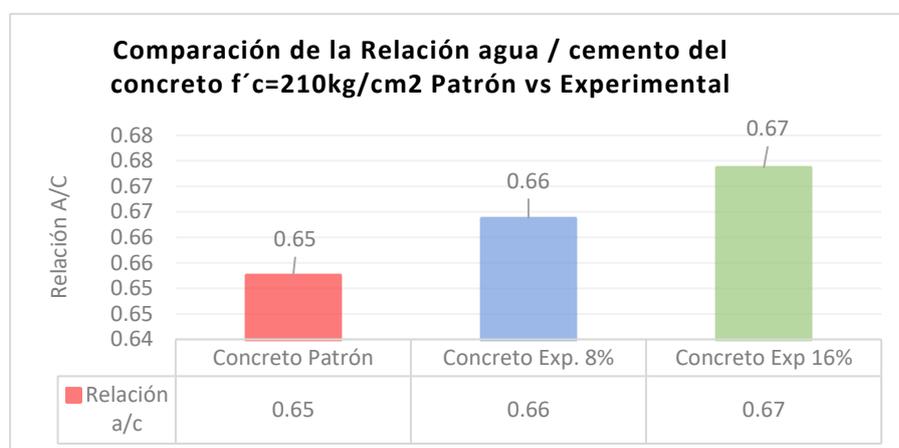


Figura N° 14: Comparación de la Relación agua / cemento del concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$ Patrón vs Experimental.

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que al adicionarle más ceniza de retama el concreto necesita un poco más de agua para ser trabajable adecuadamente como la norma lo indica.

Ensayo de consistencia del concreto (Slump test).

Para la relación agua cemento obtenida se realizó el ensayó para la preparación del concreto que nos dio los siguientes valores:

Tabla 40: Slump obtenido con la relación agua cemento

DISEÑO $F'C= 210 \text{ Kg/Cm}^2$	Relación a/c	Slump (")
Concreto Patrón	0.65	3.5
Concreto Exp. 8%	0.66	3
Concreto Exp 16%	0.67	3.2

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico de barras se puede ver como es la trabajabilidad según Slump obtenido para las tres muestras, este ensayo fue realizado con el cono de Abrams

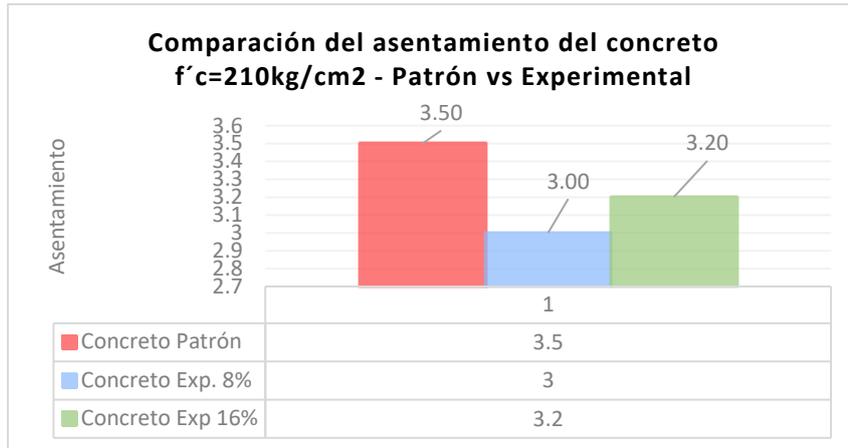


Figura N° 15: Comparación del asentamiento de la mezcla de concreto F'c=210kg/cm2 Patrón vs Experimental

Fuente: Elaboración propia

Peso específico ceniza de retama:

El ensayo se realizó en el laboratorio de mecánica de suelos y ensayos de La Universidad San Pedro con los siguientes datos:

Tabla 41: Peso Específico (ceniza de retama)

PESO ESPECÍFICO (CENIZA DE RETAMA)	
Peso de Material	150 gramos
Vol. Desplazamiento	48 gramos x Cm3
Peso específico	500/185 d=p/v
Peso específico obtenido	3.13

Fuente: Elaboración propia

Peso específico combinación de cemento con ceniza de retama al 8% y 16%:

El ensayo se realizó en el laboratorio de mecánica de suelos y ensayos de la Universidad San Pedro con los siguientes datos:

Tabla 42: *Peso Específico (combinación de cemento con ceniza de retama al 8%)*

PESO ESPECÍFICO (combinación al 8%)	
Peso de Material	150 gramos
Vol. Desplazamiento	47.9 gramos x Cm ³
Peso específico	150/47.9 d=p/v
Peso específico obtenido	3.132

Tabla 43: *Peso Específico (combinación de cemento con ceniza de retama al 16%)*

PESO ESPECÍFICO (combinación al 16%)	
Peso de Material	150 gramos
Vol. Desplazamiento	47.7 gramos x Cm ³
Peso específico	150/47.7 d=p/v
Peso específico obtenido	3.145

Diseño de mezcla patrón F³c=210 Kg/Cm²

Tabla 44: *Diseño de mezcla concreto patrón*

CONCRETO PATRÓN A/C DE 0.68			
Cemento	A. Fino	A. Grueso	Agua
301.47 Kg	881.28 Kg	1002.64 Kg	195.63 Lt.
Proporciones En Peso:			
1.00 Kg	2.92 Kg	3.33 Kg	27.58 Lt.
Cantidad de material por tanda:			
Cemento	42.50	Kg/bls	
A. Fino	124.24	Kg/bls	
A. Grueso	141.35	Kg/bls	
Agua de diseño	27.58	Lt/bls	
Cantidad de material para una probeta (Patrón)			
Descripción	Cantidad de material (kg)		
Cemento	1.92 Kg		
Arena	5.61 Kg		
Grava	6.38 Kg		
Agua	1.24 Lt		

Fuente: Elaboración propia

Diseño de mezcla experimental con ceniza de retama al 8%

Tabla 45: Diseño de mezcla con ceniza al 8%

CENIZA AL 8% Y RELACION A/C DE 0.66			
Cemento	A. Fino	A. Grueso	Agua
299.71 Kg	882.92 Kg	1002.64 Kg	195.61 Lt.
Proporciones En Peso:			
1.00 Kg	2.81 Kg	3.23 Kg	26.78 Lt.
Cantidad de material por tanda:			
Cemento	42.50	Kg/bls	
A. Fino	119.43	Kg/bls	
A. Grueso	137.19	Kg/bls	
Agua de diseño	26.78	Lt/bls	
Cantidad de material para una probeta (ceniza 8%)			
Descripción		Cantidad de material (kg)	
Cemento		1.82 Kg	
Ceniza 8%		0.16 Kg	
Arena		5.55 Kg	
Grava		6.38 Kg	
Agua		1.25 Lt	

Fuente: Elaboración propia

Diseño de mezcla experimental con ceniza de retama al 16%

Tabla 46: Diseño de mezcla con ceniza al 16%

CENIZA AL 16% Y RELACION A/C DE 0.67			
Cemento	A. Fino	A. Grueso	Agua
305.97 Kg	877.11 Kg	1002.64 Kg	195.66 Lt.
Proporciones En Peso:			
1.00 Kg	2.87 Kg	3.28 Kg	27.18 Lt.
Cantidad de material por tanda:			
Cemento	42.50	Kg/bls	
A. Fino	121.83	Kg/bls	
A. Grueso	139.27	Kg/bls	
Agua de diseño	27.18	Lt/bls	

Cantidad de material para una probeta (Patrón)	
Descripción	Cantidad de material (kg)
Cemento	1.64 Kg
Ceniza 16%	0.31 Kg
Arena	5.58 Kg
Grava	6.38 Kg
Agua	1.24 Lt

Fuente: Elaboración propia

Resultados ensayo a la compresión – probetas patrón

Tabla 47: Ensayo a Compresión – Concreto Patrón.

N°	TESTIGO	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F'C
	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/cm2	(%)
1	Concreto patrón	3.5	06/08/2017	13/08/2017	7	195.0	92.9
2	Concreto patrón	3.5	06/08/2017	13/08/2017	7	168.1	80.1
3	Concreto patrón	3.5	06/08/2017	13/08/2017	7	182.6	86.9
4	Concreto patrón	3.5	06/08/2017	20/08/2017	14	196.2	93.4
5	Concreto patrón	3.5	06/08/2017	20/08/2017	14	182.2	86.7
6	Concreto patrón	3.5	06/08/2017	20/08/2017	14	205.1	97.7
7	Concreto patrón	3.5	06/08/2017	03/09/2017	28	218.0	103.8
8	Concreto patrón	3.5	06/08/2017	03/09/2017	28	218.7	104.2
9	Concreto patrón	3.5	06/08/2017	03/09/2017	28	214.1	102.0

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos –USP

Tabla 48: Resumen Ensayo a Compresión – Concreto Patrón

RESUMEN RESISTENCIA DEL CONCRETO PATRON		
EDAD DEL CONCRETO (DIAS)	%	Kg/Cm2
7	86.6	181.9
14	92.6	194.5
28	103.3	217.0

Fuente: Elaboración propia

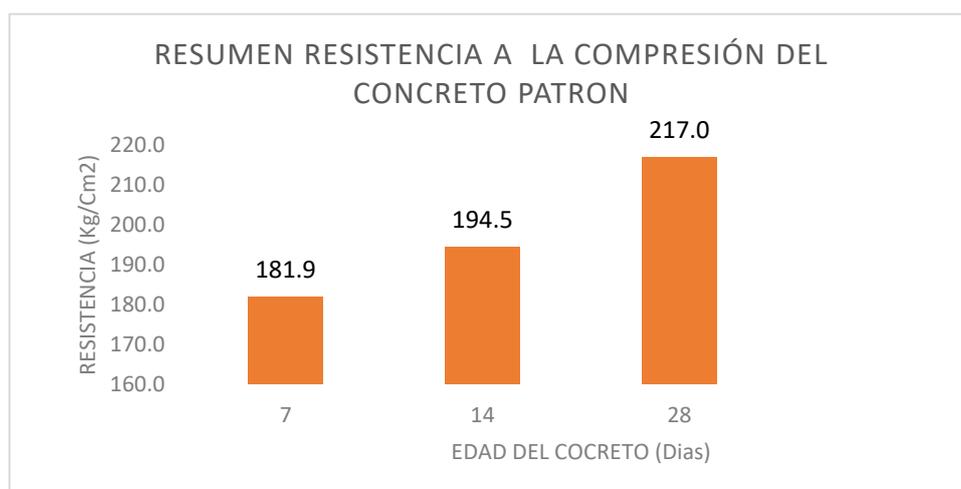


Figura N° 16: Gráfica de las Resistencias del Concreto Patrón a los 7, 14 y 28 días de curado.

Fuente: Elaboración propia

Resultados ensayo a la compresión – probetas experimentales (sustitución 8% del cemento por cenizas de retama)

Tabla 49: Ensayo a Compresión – Concreto sustituido al 8% por ceniza de retama.

Nº	TESTIGO	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F´C
	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/cm3	(%)
1	Concreto con 8% de sustitución de ceniza	3	06/08/2017	13/08/2017	7	150.1	71.5
2	Concreto con 8% de sustitución de ceniza	3	06/08/2017	13/08/2017	7	142.3	67.8
3	Concreto con 8% de sustitución de ceniza	3	06/08/2017	13/08/2017	7	148.6	70.8
4	Concreto con 8% de sustitución de ceniza	3	06/08/2017	20/08/2017	14	189.8	90.4
5	Concreto con 8% de sustitución de ceniza	3	06/08/2017	20/08/2017	14	192.1	91.5
6	Concreto con 8% de sustitución de ceniza	3	06/08/2017	20/08/2017	14	190.8	90.9
7	Concreto con 8% de sustitución de ceniza	3	06/08/2017	03/09/2017	28	228.9	109.0
8	Concreto con 8% de sustitución de ceniza	3	06/08/2017	03/09/2017	28	222.8	106.1
9	Concreto con 8% de sustitución de ceniza	3	06/08/2017	03/09/2017	28	224.5	106.9

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos –USP

Tabla 50: Resumen Ensayo a Compresión – Concreto sustituido al 8% por ceniza de retama a los 7, 14 y 28 días.

RESUMEN RESISTENCIA DEL CONCRETO - 8% CENIZA		
EDAD DEL CONCRETO (DIAS)	%	Kg/Cm2
7	70.0	147.0
14	90.9	190.9
28	107.3	225.4

Fuente: Elaboración propia

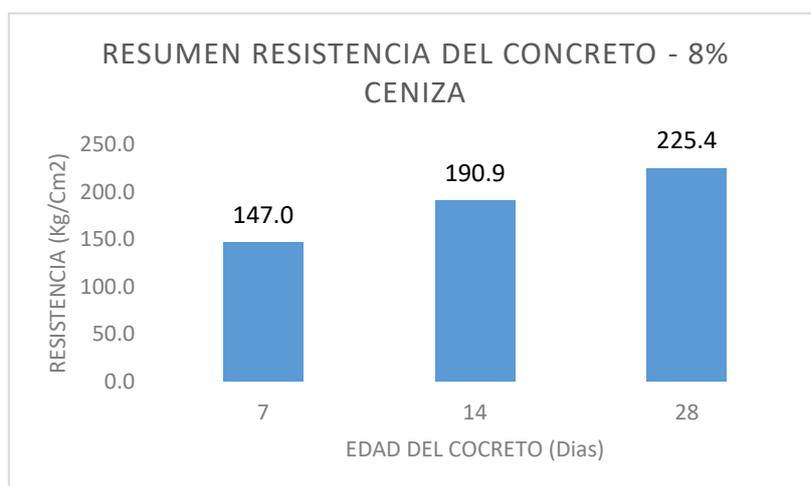


Figura N° 17: Gráfica de las Resistencias del Concreto con 8% de ceniza sustituida por cemento.

Fuente: Elaboración propia

Resultados ensayo a la compresión – probetas experimentales (sustitución 16% del cemento por cenizas de retama)

Tabla 51: Ensayo a Compresión – Concreto sustituido al 16% por ceniza de retama.

Nº	TESTIGO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/cm ⁴	FC/F'C (%)
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
1	Concreto con 16% de sustitución de ceniza	3.2	06/08/2017	13/08/2017	7	117.8	56.1
2	Concreto con 16% de sustitución de ceniza	3.2	06/08/2017	13/08/2017	7	106.6	50.7
3	Concreto con 16% de sustitución de ceniza	3.2	06/08/2017	13/08/2017	7	108.9	51.9
4	Concreto con 16% de sustitución de ceniza	3.2	06/08/2017	20/08/2017	14	151.4	72.1
5	Concreto con 16% de sustitución de ceniza	3.2	06/08/2017	20/08/2017	14	149.2	71.1
6	Concreto con 16% de sustitución de ceniza	3.2	06/08/2017	20/08/2017	14	151.9	72.3
7	Concreto con 16% de sustitución de ceniza	3.2	06/08/2017	03/09/2017	28	161.3	76.8
8	Concreto con 16% de sustitución de ceniza	3.2	06/08/2017	03/09/2017	28	161.6	76.9
9	Concreto con 16% de sustitución de ceniza	3.2	06/08/2017	03/09/2017	28	161.1	76.7

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52: Resumen Ensayo a Compresión – Concreto sustituido al 16% por ceniza de retama

RESUMEN RESISTENCIA DEL CONCRETO - 16%			
CENIZA			
EDAD DEL CONCRETO (DIAS)	%	Kg/Cm ²	
7	52.9	111.1	
14	71.8	150.8	
28	76.8	161.3	

Fuente: Elaboración propia

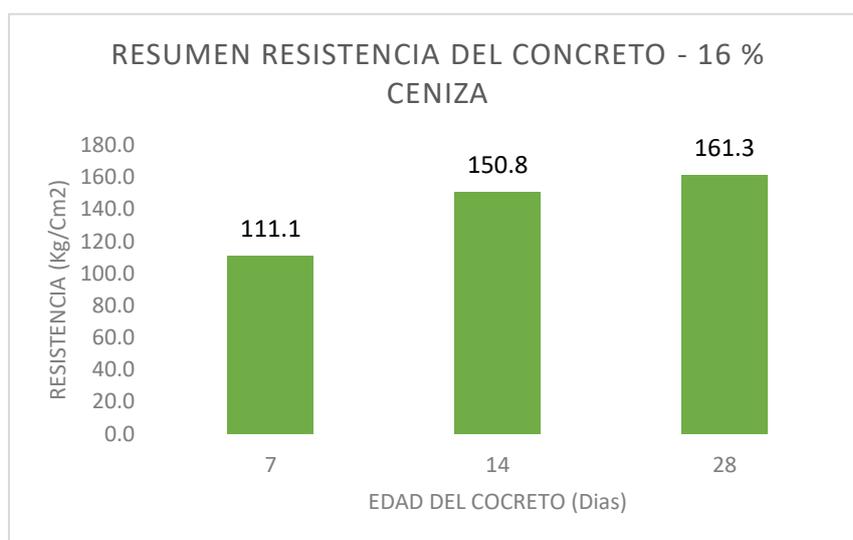


Figura N° 18: Resumen Ensayo a Compresión – Concreto sustituido al 16% por ceniza de retama a los 7, 14 y 28 días

Fuente: Elaboración propia

Comparación del concreto por días de curado

En los siguientes gráficos de barras se dará a conocer la variación de resistencia a la compresión del concreto para las tres muestras, a los 7, 14 y 28 días como lo indica la NTP, para una mejor comprensión y visualización las barras mantendrán el color como se indica a continuación:

Patrón de color marrón, Ceniza al 8% de color azul, Ceniza al 16% de color verde

Comparación de la resistencia para un concreto F'c: 210 Kg/cm³ a los 7 días

En esta gráfica se puede observar que el concreto patrón tiene un mejor desempeño a la compresión que los concretos sustituidos, pero también se aprecia que entre los dos diseños experimentales el que mejor se comporta es el concreto con sustitución de cemento al 8 %.

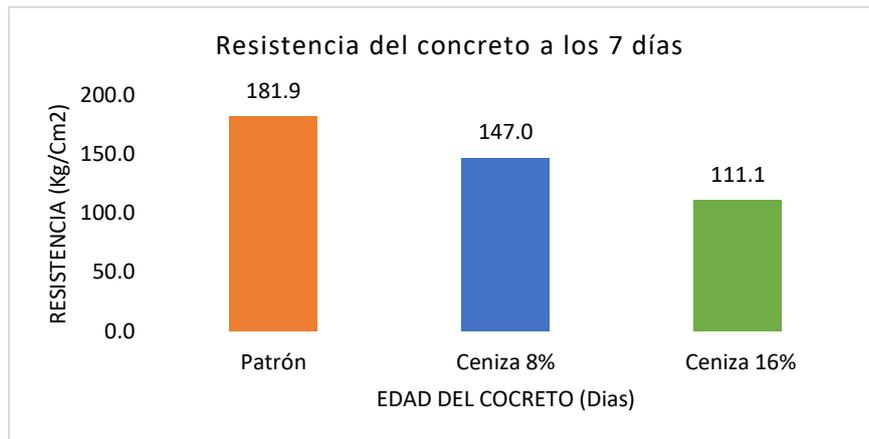


Figura N° 19: Gráfica de las Resistencias del Concreto Patrón vs concreto con sustitución de cemento por ceniza de retama al 8 y 16 % a los 7 días de curado.

Fuente: Elaboración propia

Comparación de la resistencia para un concreto F'c: 210 Kg/cm³ a los 14 días.

En la figura N°20 se puede observar que el concreto patrón tiene un mejor desempeño a la compresión que los concretos sustituidos, donde el concreto al 8% se acerca más al valor del concreto patrón y el concreto con sustitución de cemento al 16% por ceniza tiene un valor muy por debajo de las 2 muestras.

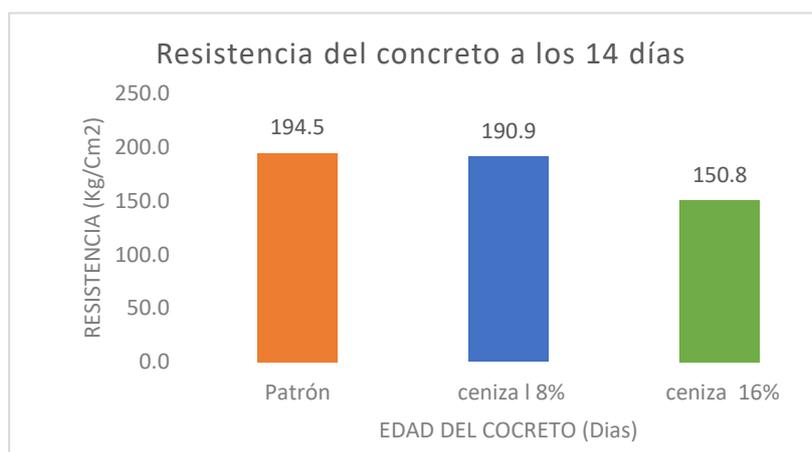


Figura N° 20: Gráfica de las Resistencias del Concreto Patrón vs concreto con sustitución de cemento por ceniza de retama al 8 y 16 % a los 14 días de curado.

Fuente: Elaboración propia

Comparación de la resistencia para un concreto F'c: 210 Kg/cm³ a los 28 días.

En la figura N°21 se observa que el concreto de diseño experimental con sustitución del cemento por ceniza de retama al 8% supera al concreto patrón. También se puede ver que el concreto de diseño experimental con sustitución del cemento por ceniza de retama al 16% no alcanza los estándares regulados en la NTP. Para los 28 días.

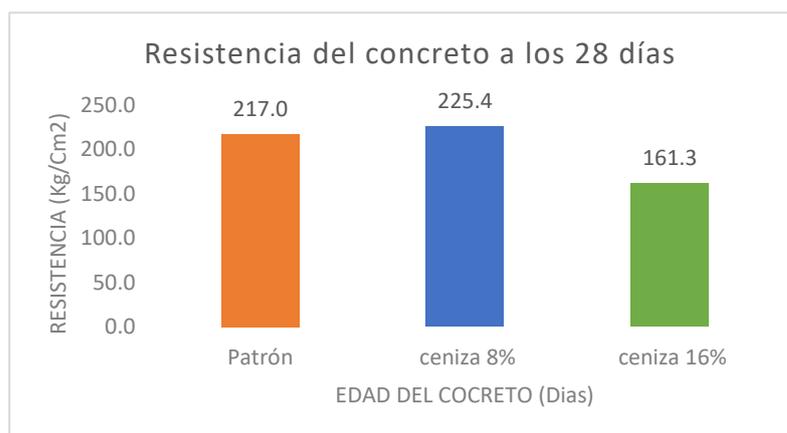


Figura N° 21: Gráfica de las Resistencias del Concreto Patrón vs concreto con sustitución de cemento por ceniza de retama al 8 y 16 % a los 28 días de curado.

Fuente: Elaboración propia

Resúmenes comparativos de las probetas (Patrón, sustitución al 8 y 16% por ceniza de retama) obtenidos para un concreto F'c: 210 Kg/Cm³.

Los porcentajes de dureza de concreto Fc :210 Kg/Cm³ a los 7 días es 65%, 14 días es 90% y 28 días es 99%, En esta tabla está claro que las ganancias de endurecimiento del concreto se produce mayormente en los días iniciales después de la colada del mismo, y se obtiene un 90% en tan solo los 14 días y llega a alcanzar un 99% al llegar los 28 días, pero después de estos 28 días el concreto sigue adquiriendo mayor resistencia, pero ya es mínima a comparación de estos días mostrados anteriormente. Después de pasar los 14 días el concreto solo gana un 9% en los demás días hasta llegar a los 28, de ahí en adelante se produce un porcentaje mucho menor de resistencia. (ingenieriareal, 2012)

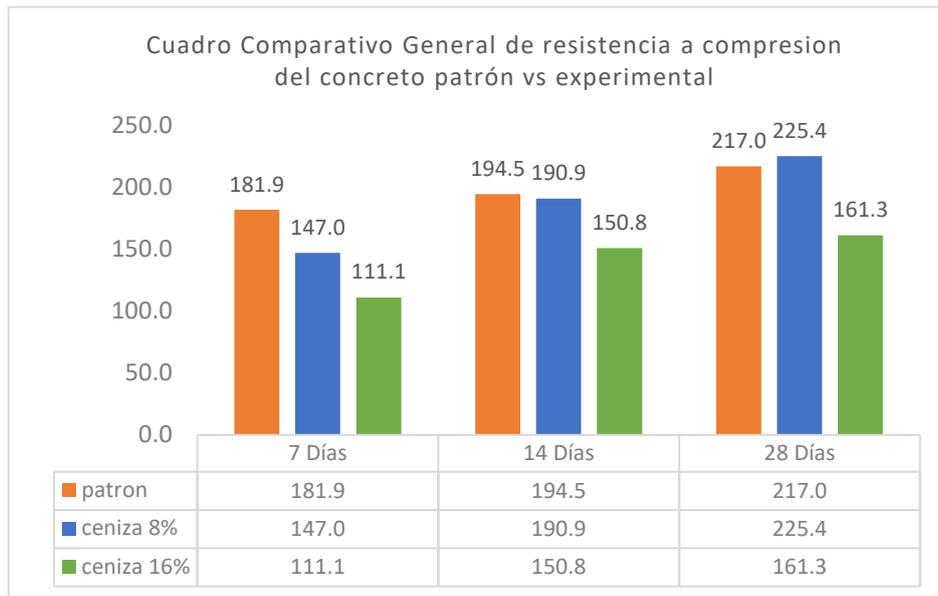


Figura N° 22: Gráfica comparativa general de resistencia a compresión del concreto patrón vs los experimentales.

Fuente: Elaboración propia

Los porcentajes de dureza de concreto F_c :210 Kg/Cm³ a los 7 días es 65%, 14 días es 90% y 28 días es 99%,En esta tabla está claro que las ganancias de endurecimiento del concreto se produce mayormente en los días iniciales después de la colada del mismo, y se obtiene un 90% en tan solo los 14 días y llega a alcanzar un 99% al llegar los 28 días, pero después de estos 28 días el concreto sigue adquiriendo mayor resistencia, pero ya es mínima a comparación de estos días mostrados anteriormente. Después de pasar los 14 días el concreto solo gana un 9% en los demás días hasta llegar a los 28, de ahí en adelante se produce un porcentaje mucho menor de resistencia. (ingenieriareal, 2012)

Con esta consideración se presenta a continuación la figura donde se puede ver más claramente como actuó el concreto patrón y experimentales con los valores ya establecidos para un concreto F'_c : 210Kg/Cm³

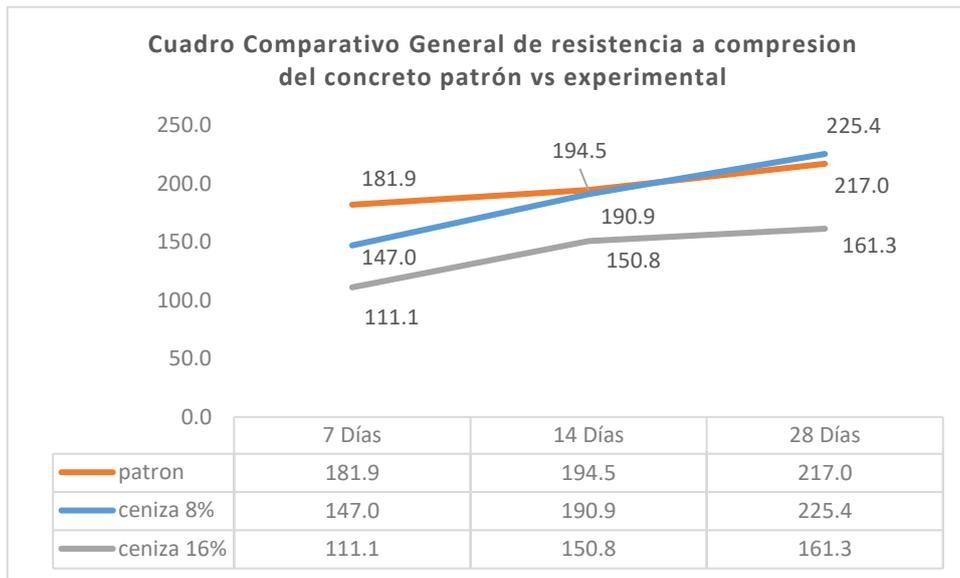


Figura N° 23: Gráfica comparativa general de resistencia a compresión del concreto patrón vs los experimentales. (Gráfico de Líneas)

Fuente: Elaboración propia

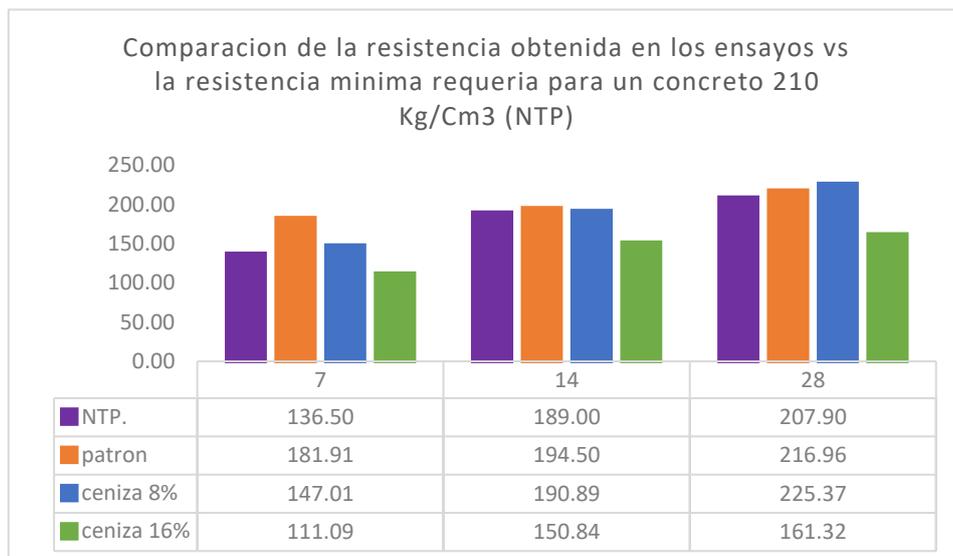


Figura N° 24: Gráfica comparativa con la resistencia mínima requerida para un concreto FC.210KG/cm3 según la NTP a los 7, 14 y 28 días.

Fuente: Elaboración propia

En esta comparativa se puede apreciar que el diseño mínimo de resistencia requerida es viable tanto para el concreto patrón y el concreto sustituido al 8% por ceniza de retama, que sobrepasan a un concreto con resistencia mínima a los 7, 14 y 28 días

comparados con la resistencia mínima dada en un diseño estándar .pero también se puede percibir que el concreto con sustitución de ceniza de retama al 16 % no supera al diseño mínimo requerido para ninguno de los días de visado de resistencia para un concreto F'c: 210Kg/Cm3.

Análisis de varianza-ANOVA

Análisis de varianza

Ho: Todas las medias son iguales

Hi: Al menos una media sea igual

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Datos:

Ci=Suma de datos de cada columna

Ki= Número de datos en cada columna

X=Datos originales

c=Número de columnas

n=Número total de datos

Tabla 53: Cuadro ANOVA

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F
Factor	$SC \int_{actor} = \sum \frac{C_i^2}{k_i} - \frac{(\sum x)^2}{n}$	c-1	$CM \int_{actor} = \frac{SC \int_{actor}}{c - n}$	$\frac{CM \int_{actor}}{CM_{error}}$
Error	$SC_{error} = \sum x^2 - \sum \frac{C_i^2}{k_i}$	n-c	$CM_{error} = \frac{SC_{error}}{n - c}$	
Total		n-1		

Fuente: Elaboración propia

Tabla de valores obtenidos

Tabla 54: Análisis de varianza con nivel de significancia 0.05

Edades	T1 (Patrón)	T2 (Exp. 8%)	T3 (Exp. 16%)
7.00	181.91	147.01	111.09
14.00	194.50	190.89	150.84
28.00	216.96	225.37	161.32

Fuente: Elaboración propia

Tabla 55: Resumen de operaciones.

sumas: Ci	Ci ²	Ki	Suma Ci ² /Ki	suma total de Ci ² /Ki :
593.36	352078.024	3	117359.3413	282831.0588
563.27	317274.311	3	105758.1035	
423.25	179140.842	3	59713.61398	

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N°54 hallamos los valores de x y n para completar el cuadro:

X=Suma de todos los valores de Ci: 1579.88

X² = 2496030.423

n=Número de datos para el análisis, n=9

Entonces: $\frac{(x)^2}{n} = 277336.7137$

Tabla 56: Resumen de operaciones para los valores de la tabla X²

T1 ^{^2}	T2 ^{^2}	T3 ^{^2}	Suma parcial
33089.54	21611.94	12341.49	67042.97
37829.19	36438.42	22752.54	97020.15
47071.24	50792.80	26023.70	123887.73

Fuente: Elaboración propia

Suma de los 9 valores de las columnas

X²= 287950.85

Tabla 57: Reemplazando valores para hallar F

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>F</i>
FACTOR	5494.34512	2	2747.172561	3.21947574
ERROR	5119.78866	6	853.2981096	

Fuente: Elaboración propia

Analizando la tabla: Fisher

$$y' = \frac{C-1}{n-C}$$

1/3 Posición

Tabla 58: Análisis de la tabla de Fisher (valores de distribución F)

N1 \ N2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	161.45	199.5	215.71	224.58	230.16	233.99	236.77	238.88	240.54	241.88
2	18.51	19	19.16	19.25	19.3	19.33	19.35	19.37	19.39	19.4
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6	5.96
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.1	4.06
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.5	3.44	3.39	3.35
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14
10	4.96	4.1	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.2	3.09	3.01	2.95	2.9	2.85
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3	2.91	2.85	2.8	2.75

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla.

$y' =$	5.143
--------	--------------

Tabla de VALOR F DE LA DISTRIBUCIÓN F DE FISHER

$1 - \alpha = 0.95$

$n_1 =$ Grados de Libertad del Numerador

$1 - \alpha = P(F \leq f_{\alpha, n_1, n_2})$

$n_2 =$ Grados de Libertad del Denominador

Regla de decisión:

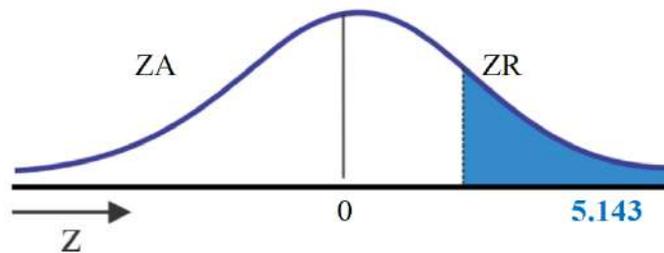


Figura N° 25: Regla de decisión según tabla de Fisher

Fuente: Elaboración propia

Condición:

Si $\int \leq$ valor de la tabla, Entonces se acepta H_0 . Rechaza

Si $\int >$ valor de la tabla, Entonces se rechaza H_0 . Acepta

Hipótesis de investigación

Al realizar un concreto con cemento sustituido al 8% y 16% por ceniza de retama se obtendrá resistencia aceptable a la comprensión del concreto en la ciudad de Huaraz.

Hipótesis Estadística

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_t \rightarrow H_0 = \epsilon_i$

Ningún tratamiento empleado después de ser sustituida proporcionara resistencia aceptable en la comprensión del concreto en la ciudad de Huaraz.

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \dots \neq \mu_t \rightarrow H_1 = \epsilon_i \neq 0$

Al menos un tratamiento empleado después de ser sustituida proporcionara resistencia aceptable en la comprensión del concreto en la ciudad de Huaraz.

Nivel de Significación

El nivel de significación teórica es $\alpha = 0.05$, que corresponde a un nivel de confiabilidad del 95%.

Función de Prueba

La función pivotal o estadígrafo es un F con 2 y 6 grados de libertad

Regla de decisión

Rechazar H_0 , si F_e es mayor que $F_0 = 5.143$

Decisión

Como $F_e = 3.219 > F_0 = 5.143$, se rechaza H_0 y se concluye que no existe diferencia significativa en la resistencia promedio a la comprensión del concreto en la ciudad de Huaraz.

Conclusión

Con una significancia del 5%, se cumple la mejor resistencia porcentual observada se encuentra a los 28 días de curado, lo cual indica que al menos un tratamiento empleado después de ser sustituida proporcionará resistencia aceptable en la comprensión del concreto en la ciudad de Huaraz.

IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Análisis y discusión del ATD, en relación al antecedente de la tesis (Rodolfo, 2014) que indica que se logró obtener una ceniza con porcentaje de SiO₂ de 81.9% a la temperatura de 400°C en el tiempo de dos horas. En el proceso de calcinación de la cascarilla de arroz la variable más significativa fue la temperatura, para nuestro estudio el análisis termo gravimétrico se muestra en la Figura N°9 Según el análisis Termo Gravimétrico se percibe una región importante de pérdida de masa en la muestra, cerca de 95°C que se debe a la eliminación del agua físicamente unida a la muestra, y se aprecia una sutil pérdida de masa a partir de 300°C. El material llega a perder aproximadamente 24 % cuando alcanza la máxima temperatura de ensayo. Los resultados obtenidos del análisis calorimétrico que se muestra en la Figura N°10, De acuerdo al análisis calorimétrico, la curva muestra un pico endotérmico (absorbe energía) a aproximadamente 115 °C y una región exotérmica (libera energía) atenuada entre 380 y 460 °C lo que supone un cambio estructural, que es presumiblemente la transformación de la muestra a su estado puzolánico es por eso que se tomó 400°C como la temperatura de calcinación del material y a un tiempo de dos horas.

En los resultados de los análisis de Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X, realizados para la ceniza de retama activada de Cambio Puente, que se muestra en la Tabla N°11 ; los porcentajes más relevantes de sus óxidos activados como se puede observar que predomina el Óxido de Calcio (CaO) con 24.618%, Óxido de Silicio (SiO₂) con 5.336%, al sumar estos dos componentes se tendría un total de 29.950% de material cementante que es el valor más importante en el proceso de activación para obtener un material de alta reactividad puzolánica.

Así mismo percibe un contenido de Óxido de Potasio con un porcentaje de 17.241%, que generará la relación alcalis-silice que afectará la durabilidad del concreto, para disminuir el contenido de potasio (Caro Briceño, 2018) en su tesis indica que el contenido de potasio se podría disminuir según Dodson (2001), haciendo un lavado a las cenizas prequemadas con alcohol o empleando agua destilada (Romero,2017) que lo aplicó en cenizas de paja de trigo que al igual que la ceniza de retama presento potasio en su composición. El prequemado de las cenizas seguido por

el lavado de las mismas antes de la calcinación demuestra una extracción mejorada de la sílice y un menor contenido de potasio.

También se encuentra Óxido de Fósforo (P_2O_5) que según (elconcreto, 2009), El contenido de fósforo no debe ser superior a 0.5%, porque puede disminuir fuertemente la resistencia inicial del concreto. Los otros componentes no afectarían la sustitución del cemento por ceniza de retama debido a que representan porcentajes mínimos.

En la tabla N°8 se muestra que la ceniza de Retama presenta un PH de 12.06, lo cual es casi semejantes al cemento Portland tipo I que tiene un valor de 12.30. Además, el PH de la mezcla del cemento proporción al 8% de ceniza de retama es de 12.71 y ceniza con cemento proporción al 16% que es 12.52 que también tienen una alcalinidad similar al cemento esto indicará que no causará daños al concreto.

Se observa además que todos estos materiales presentan la característica de ser alcalinos al tener el pH mayor de 7 y llegando casi al límite de su valor que es 14.

De la tabla N°40, para la comparación de la relación agua/ cemento se trabajó según el diseño realizado donde el concreto patrón con una relación a/c de 0.65 con la cual nos resultó un concreto trabajable con un Slump de 3.5", el experimental al 8% con una relación a/c de 0.66 con la cual nos resultó un concreto trabajable con un Slump de 3" y por ultimo experimental 16% se trabajó con una relación a/c de 0.67 con la cual nos resultó un concreto trabajable con un Slump de 3.2", como se ve la ceniza al ser añadida absorbió un poco más de agua para su correcta trabajabilidad.

El aumento de agua en concretos con cemento puzolánico se debe según Romero (2017) a la influencia del óxido de silicio (solubilidad en agua 0.12 g/L) que al aumentar en masa en el diseño de mezcla debido a las sustituciones de cemento por ceniza, es necesario una mayor cantidad de agua para ser disuelta en comparación al Óxido de Calcio (solubilidad en agua 1.19 g/L) ambos compuestos son higroscópicos, lo que significa que atraen el agua del medio.

De los ensayos de resistencia a la compresión, se aprecia en la Figura N°19 la resistencia del concreto patrón vs concreto con sustitución de cemento por ceniza de retama al 8 y 16 % a los 7 días de curado. Donde se percibe gráficamente que el

concreto patrón es el que tiene mejor resistencia a la compresión a los 7 días, sobre los dos concretos al 8 y 16 % de sustitución de ceniza

En la figura N°20, Gráfica de las Resistencias del Concreto Patrón vs concreto con sustitución de cemento por ceniza de retama al 8 y 16 % a los 14 días de curado. Se ve que hay una tendencia del concreto patrón de subir su esfuerzo a compresión con un 194.5 kg/Cm³, pero también el concreto experimental concreto con sustitución de cemento por ceniza de retama al 8% comienza a obtener un valor de 190.9 Kg/Cm³ que se aproxima al concreto patrón; mientras el concreto con sustitución de cemento por ceniza de retama al 8% se mantiene muy por debajo en resistencia con un valor de 150 Kg/Cm³.

Por último, en la figura N°21, Gráfica de las Resistencias del Concreto Patrón vs concreto con sustitución de cemento por ceniza de retama al 8 y 16 % a los 28 días de curado se observa, que el concreto de diseño experimental con sustitución del cemento por ceniza de retama al 8% supera al concreto patrón. También se puede ver que el concreto de diseño experimental con sustitución del cemento por ceniza de retama al 16% no alcanza los estándares regulados en la NTP. Para los 28 días.

Para un mejor detalle de lo explicado se muestra a continuación la figura N°22 y N°23 donde se puede ver el comportamiento obtenido entre el concreto patrón y los concretos con sustitución de cemento por ceniza de retama al 8 y 16 %

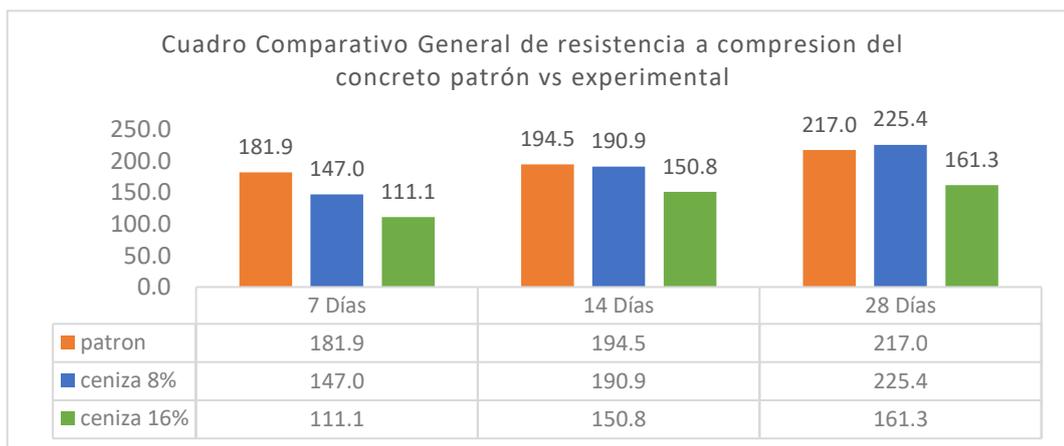


Figura N°22: Gráfica comparativa general de resistencia a compresión del concreto patrón vs los experimentales

Fuente: Elaboración propia

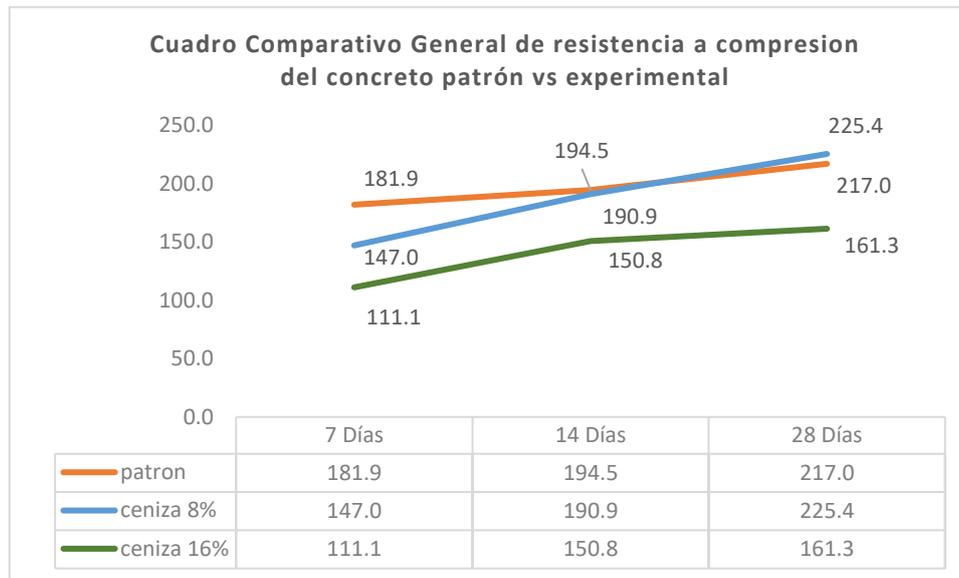


Figura N° 23: Gráfica comparativa general de resistencia a compresión del concreto patrón vs los experimentales. (Gráfico de Líneas)

Fuente: Elaboración propia

Los porcentajes de dureza de concreto $F'c$:210 Kg/Cm³ a los 7 días es 65%, 14 días es 90% y 28 días es 99%,En esta tabla está claro que las ganancias de endurecimiento del concreto se produce mayormente en los días iniciales después de la colada del mismo, y se obtiene un 90% en tan solo los 14 días y llega a alcanzar un 99% al llegar los 28 días, pero después de estos 28 días el concreto sigue adquiriendo mayor resistencia, pero ya es mínima a comparación de estos días mostrados anteriormente. Después de pasar los 14 días el concreto solo gana un 9% en los demás días hasta llegar a los 28, de ahí en adelante se produce un porcentaje mucho menor de resistencia. (ingenieriareal, 2012)

Del concreto experimental al 8% con una relación a/c de 0.66 con la cual nos resultó un concreto trabajable con un Slump de 3” se puede decir que es el único que sobrepasa al concreto patrón al alcanzar los 28 días, mientras el concreto de diseño experimental al 16% con una relación a/c de 0.67 no alcanza al concreto patrón en ninguno de los días de rotura de control.

Del análisis de Varianza – ANOVA se aplicó los métodos estadísticos, tanto descriptivos como inferenciales para la presentación, descripción, análisis e interpretación de datos obtenidos en la observación por cada indicador ensayado donde con una significancia del 5%, se cumple la mejor resistencia porcentual observada a los 28 días de curado, lo cual indica que al menos un tratamiento empleado después de ser sustituida proporcionará resistencia aceptable en la comprensión del cemento sustituido al 8% y 16 % por ceniza de retama en la ciudad de Huaraz.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluye que:

- La selección de la Retama y su extracción de manera adecuada permitió obtener ceniza sin contaminación que mejoro los resultados obtenidos sin presencia de contaminación externa.
- Se logró la activación térmica de los precursores puzolánicos de la ceniza de Retama a una temperatura de calcinación controlada de 400 °C en un tiempo de 2 horas
- La composición química en óxidos de la ceniza nos dio como mayor valor al Óxido de Calcio (CaO) con 24.618% y Óxido de Silicio (SiO₂) con 5.336% que son compuestos que ayudan a la activación para obtener un material de alta reactividad puzolánica. y como segundo elemento en abundancia se obtuvo al óxido de potasio. K₂O con un valor de 17.241% que generará la relación alcalis-silice que afectará la durabilidad del concreto.
- Se obtuvo un PH de ceniza de retama de 12.06, lo cual es casi semejantes al cemento Portland tipo I que tiene un valor de 12.30. Además, el PH de la mezcla del cemento proporción al 8% de ceniza de retama es de 12.71 y ceniza con cemento proporción al 16% que es 12.52 que también tienen una alcalinidad similar al cemento esto indicara que no causara daños al concreto y a su vez son alcalinos.
- Para la comparación de la relación agua/ cemento se obtuvo para el concreto patrón con una relación a/c de 0.65 con la cual nos resultó un concreto trabajable con un Slump de 3.5”, el experimental al 8% con una relación a/c de 0.66 con la cual nos resultó un concreto trabajable con un Slump de 3” y por ultimo experimental 16% se trabajó con una relación a/c de 0.67 con la cual nos resultó un concreto trabajable con un Slump de 3.2”, como se ve la ceniza al ser añadida absorbió un poco más de agua para su correcta trabajabilidad y el Slump se mantuvo dentro de los parámetros de la NTP.

- En los ensayos de compresión en probetas se obtuvo una resistencia en el concreto patrón a las edades de 7, 14 y 28 días de 181.91 kg/cm², 194.50kg/cm² y 216.96kg/cm². También se vio la resistencia a la compresión en el concreto experimental de 8% a las edades de 7, 14 y 28 días con una resistencia de 147.01 kg/cm², 190.89 kg/cm² y 225.37 kg/cm² sólo en este último valor el concreto experimental paso al concreto patrón y por ultimo un aumento a su resistencia en el concreto experimental 16% a las edades de 7,14 y 28 días con una resistencia de 111.09 kg/cm², 150.84 kg/cm², 161.32 kg/cm² respectivamente.
- Se nota que conforme se aumenta la sustitución de la ceniza de hoja de Retama al cemento su resistencia a compresión va disminuyendo como lo vemos en las edades de 7,14 y 28 días con el cemento sustituido al 16 % por ceniza de retama.
- Por último se concluye que la ceniza de retama no es un material apropiado por su baja composición cementante por sus dos compuestos principales Óxido de Calcio (CaO) con 24.618% y Óxido de Silicio (SiO₂) con 5.336% que sumados no alcanzan los valores estándares para ser un elemento puzolánico ya que debería estar por encima del 55 % y sumados solo da 29.95%, así mismo se observa la presencia de Óxido de Potasio (K₂O) con 17.241% que también compromete a este material para no ser considerado para la utilización en la fabricación de concreto F'c=210 Kg/Cm³.

De acuerdo con el estudio realizado, se recomienda:

- Evaluar termo gravimétricamente a la ceniza de retama a un rango mayor de 400 ° C para notar si hubiera variación en su composición química.
- Para la extracción de la Retama se recomienda tener los equipos e implementos necesarios tanto para recortar y procesar manualmente y así se obtendrá mejores resultados a la hora de la incineración.
- Seleccionar la Retama seca y cortar desde los tallos que es donde se obtendrá la mayor cantidad de ceniza ya que esta planta crece por lo general a una altura mayor de 3 metros.

- Tomar precauciones al momento de extraer la Retama, ya que por lo general se encuentra juntamente con pencas y espinas que crecen en zonas con poca agua
- Para mejorar la calidad y resistencia del concreto al sustituir cemento por ceniza de retama se debería realizarse más análisis con mayores parámetros y tal vez poder lavar el Óxido de Potasio que generará la relación alcalis-silice que afectará la durabilidad del concreto
- Evaluar la resistencia del concreto con sustitución de ceniza de hoja de maíz utilizando las edades de 45, 60,90 y 120 días. Para así poder conocer si a mayor tiempo se adquiere mayor resistencia, porque es la tendencia encontrada en este diseño experimental.
- Respecto a la relación agua cemento, se sugiere realizar varias pruebas de asentamiento a la hora de desarrollar la mezcla de concreto para mejorar la trabajabilidad y conservar la resistencia, que estén dentro de los límites permisibles según el tipo de estructura a desarrollar.
- Se debe realizar métodos de homogenización en el proceso de mezclado de concreto al momento de adicionar la ceniza de retama para obtener una distribución que mejore la resistencia a la tracción del concreto.
- Considerar adicionar menor proporción de ceniza de retama porque en los ensayos se demostró que al aumentar la proporción la resistencia a compresión del concreto disminuyo.
- Se recomienda utilizar este material en una proporción baja y además complementarla con otro compuesto o material cementante que le ayude a alcanzar una resistencia igual o superior para un concreto $F'_c=210\text{Kg/Cm}^3$ a los 28 días de curado.

VI. AGRADECIMIENTO

El mejor agradecimiento que puedo dar es a mi familia que fueron los pilares para poder concluir mis estudios, también un agradecimiento a mi pareja por apoyarme y comprenderme, a su vez a mi Casa de Estudios por darme la oportunidad de formarme para ser un ingeniero con valores.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, F. C. (2000). *Análisis y Diseño de Edificaciones de Albañilería*. Lima: Editorial San Marcos.
- aceros arequipa. (2012). <http://www.acerosarequipa.com>. Obtenido de <http://www.acerosarequipa.com/manual-del-maestro-constructor.html>
- ASOCEM- ASOCIACION DE PRODUCTORES DE CEMENTO. (2015). www.astm.org. Obtenido de <https://www.astm.org/GLOBAL/docs/Presentacion-Juan-Avalo.pdf>
- Caro Briceño, J. i. (2018). Resistencia de un concreto $f'c=210$ kg/cm² con sustitución de cemento en 5% y 10% por ceniza de hoja de maíz. chimbote.
- constructorcivil. (26 de diciembre de 2010). [elconstructorcivil.com](http://www.elconstructorcivil.com). Obtenido de <http://www.elconstructorcivil.com/2011/01/composicion-quimica-del-cemento.html>
- Durán, J. M. (12 de junio de 2017). *jose el jardinero*. Obtenido de <https://www.joseeljardinero.com/retama-de-olor-spartium-junceum/>
- elconcreto. (5 de Enero de 2009). <http://elconcreto.blogspot.com>. Obtenido de <http://elconcreto.blogspot.com/2009/01/otros-compuestos-del-cemento.html>
- García , S. F. (2004). *Demografía Modular de una planta perenne Mediterránea*. Madrid.
- ingenieriareal. (mayo de 2012). <https://ingenieriareal.com>. Obtenido de <https://ingenieriareal.com/resistencia-del-concreto-a-los-28-dias/>
- López, M. J. (01 de 12 de 2010). Efecto de las puzolanas naturales en la porosidad y conectividad. Santiago, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago. CHILE.
- MA-TAY, P. D. (abril de 2014). VALORIZACIÓN DE CENIZAS DE BAGAZO PROCEDENTES DE HONDURAS: POSIBILIDADES DE USO EN MATRICES DE CEMENTO PÓRTLAND . València , España: UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA .
- Molina, O. I. (Marzo de 2008). Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.
- Mucha, M. T. (SETIEMBRE de 2012). es.scribd.com. Obtenido de Monografía de La Retama: <https://es.scribd.com/doc/105525982/Monografia-de-La-Retama>
- Natural, I. C. (23 de enero de 2019). ichn2.iec.cat. Obtenido de <https://ichn2.iec.cat/Bages//planes/lmatges%20grans/cginesta.htm>

PALACIOS, D. S. (2015). Efecto antiulceroso y antisecretor del extracto hidroalcohólico de las flores del *spartium junceum* L. "retama". *TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFECIONAL DE QUIMICO FARMACEUTICO*. Ayacucho.

pHmetro.TOP. (2017). <https://phmetro.top>. Obtenido de <https://phmetro.top/ejemplos-de-ph-escala-de-ph/>

Rodolfo, P. V. (2014). EVALUACIÓN DE LA CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, EN LA FABRICACION DE CEMENTO PORTLAND PUZOLANICO TIPO IP. CUZCO, PERU.

SENCICO. (2009). *NORMA E.060 CONCRETO ARMADO* . LIMA: Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú Nº 2009-07742.

Universidad Nacional del Nordeste, F. D. (19 de Mayo de 2006). <http://ing.unne.edu.ar/pub/>. Obtenido de <http://ing.unne.edu.ar/pub/quimica/cemento.pdf>

VIII. ANEXOS

ANEXO N° 01: ANÁLISIS DE AGREGADOS

ANÁLISIS DE CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADOS

Análisis granulométrico de la arena

Análisis granulométrico de la grava

Análisis de peso específico y absorción del agregado fino

Análisis de peso específico y absorción del agregado grueso.

Análisis de pesos unitarios del agregado grueso.

Análisis de pesos unitarios del agregado fino.

Fichas de laboratorio – USP - Huaraz

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216-71

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS					
TESIS : "Resistencia de un Concreto con Cemento Sustituido al 8% y 16% por Ceniza de Retama " SPARTIUM JUNCEUM"					
SOLICITA : Bach. Perez Ramirez, Cristhian Alberto				HECHO EN : USP -HUARAZ	
DISTRITO : HUARAZ				FECHA : 08/03/2019	
PROVINCIA : HUARAZ				ASESOR	
PROG (KM.) :					
DATOS DE LA MUESTRA					
CALICATA :					
MUESTRA : AGREGADO GRUESO, AGREGADO FINO					
PROF. (m) :					
AGREGADO GRUESO					
Nº TARRO		19	24		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	1256,5	1164,3		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	1249,6	1158,0		
PESO DE AGUA	(g)	6,90	6,30		
PESO DEL TARRO	(g)	165,90	172,7		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	1083,70	985,3		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	0,64	0,64		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)	0,6			
AGREGADO FINO					
Nº TARRO		17	26		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	851,3	896,1		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	837,0	862,0		
PESO DE AGUA	(g)	14,30	34,10		
PESO DEL TARRO	(g)	165,60	165,5		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	671,40	696,5		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	2,13	4,9		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)	3,5			



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
RODAMIENTOS
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 118544
JEFE

Figura N° 26: Análisis de contenido de humedad ASTM D – 2216-71

Fuente: Elaboración propia

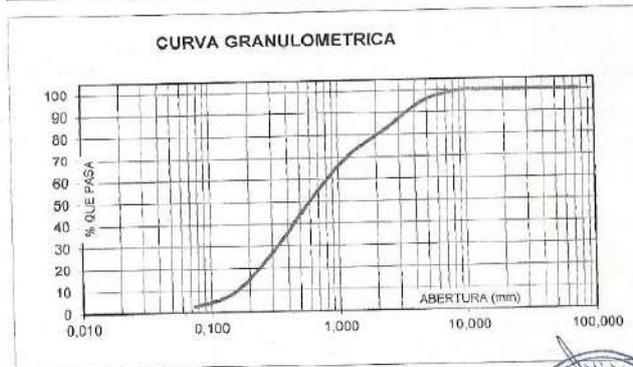
ANALISIS GRANULOMETRICO ARENA

SOLICITA : Bach. Perez Ramirez, Cristhian Alberto
TESIS : "Resistencia de un Concreto con Cemento Sustituido al 8% y 16% por Ceniza de Retama " SPARTIUM JUNCEUM"
LUGAR : HUARAZ
FECHA : 08/03/2019 **CANTERA :** TACLLAN **MATERIAL :** AGREGADO FINO

PESO SECO INICIAL	2644,5
PESO SECO LAVADO	2567,90
PESO PERDIDO POR LAVADO	76,60

TAMIZ	ABERT. (mm.)	PESO RETEN. (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
No 3"	75,000	0,00	0,00	0,00	100,00
2 1/2"	63,000	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	50,000	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,000	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,000	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,500	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,500	0,00	0,00	0,00	100,00
N° 4	4,750	118,90	4,50	4,50	95,50
N° 8	2,360	345,20	13,05	17,55	82,45
N° 16	1,180	328,20	12,41	29,96	70,04
N° 30	0,600	526,80	19,92	49,88	50,12
N° 50	0,300	623,40	23,57	73,45	26,55
N° 100	0,150	472,10	17,85	91,31	8,69
N° 200	0,075	153,30	5,80	97,10	2,90
PLATO		76,60	2,90	100,00	0,00
TOTAL		2644,50	100,00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : n° 4
 MODULO DE FINEZA : 2,67
 HUMEDAD : 3,50%



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 FUNDACIONES
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 118644
 JEFE

Figura N° 27: Análisis granulométrico de agregado fino.

Fuente: Elaboración propia

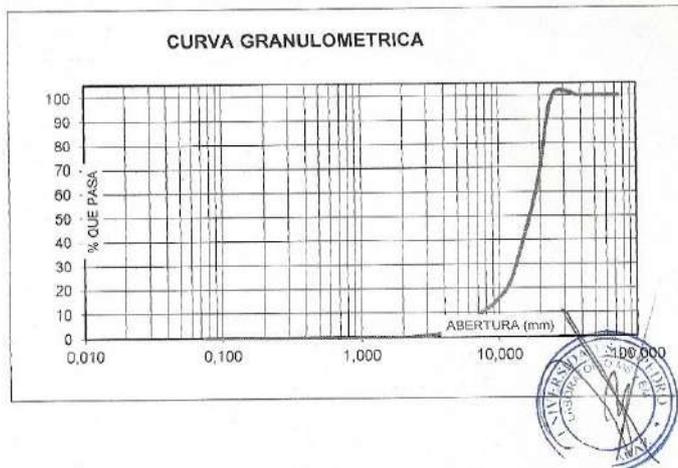
ANALISIS GRANULOMETRICO GRAVA

SOLICITA : **Bach. Perez Ramirez, Cristhian Alberto**
 TESIS : "Resistencia de un Concreto con Cemento Sustituido al 8% y 16% por Ceniza de Retama " SPARTIUM JUNCEUM"
 LUGAR : HUARAZ
 FECHA : 08/03/2019 CANTERA : TACLLAN MATERIAL : AGREGADO GRUESO

PESO SECO INICIAL	12399,6
PESO SECO LAVADO	12399,60
PESO PERDIDO POR LAVADO	0,00

TAMIZ	ABERT. (mm.)	PESO RETEN. (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75,000				
2 1/2"	63,000				
2"	50,000				
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,000	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,000	4623,30	37,29	37,29	62,71
1/2"	12,500	4675,70	37,71	74,99	25,01
3/8"	9,500	1301,00	10,49	85,49	14,51
N° 4	4,750	1412,20	11,39	96,88	3,12
N° 8	2,360	387,40	3,12	100,00	0,00
N° 16	1,180	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 30	0,600	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 50	0,300	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 100	0,150	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 200	0,075	0,00	0,00	100,00	0,00
PLATO		0,00	0,00	100,00	0,00
TOTAL		12399,60	100,00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : 3/4"
 MODULO DE FINEZA : 7,20
 HUMEDAD : 0,60%



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 MINERO METALURGIALES
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE

Figura N° 28: Análisis granulométrico de agregado grueso.

Fuente: Elaboración propia

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO

SOLICITA : **Bach. Perez Ramirez, Cristhian Alberto**
 TESIS : "Resistencia de un Concreto con Cemento Sustituido al 8% y 16% por Ceniza de Retama " SPARTIUM JUNCEUM"
 LUGAR : HUARAZ
 CANTERA : TACLLAN
 MATERIAL : AGREGADO FINO
 FECHA : 08/03/2019

A : Peso de material saturado superficialmente seco (aire)
 B : Peso de frasco+ agua
 C = A + B : Peso frasco + agua +material
 D : Peso de material+agua en el frasco
 E = C - D : Volumen de masa+volumen de vacio
 F : Peso Material seco en horno
 G= E - (A - F) : Volumen de masa

300,0		
665,8		
965,8		
858,5		
107,3		
292,3		
99,60		
2,63		
2,63		

ABSORCION (%) : $((A-F/F) \times 100)$
 ABS. PROM. (%) :

P.e. Bulk (Base Seca) = F/E
 P.e. Bulk (Base Saturada) = A/E
 P.e. Aparente (Base Seca) = F/G

PROMEDIO

2,72		
2,80		
2,93		

PROMEDIO

P.e. Bulk (Base Seca)
 P.e. Bulk (Base Saturada)
 P.e. Aparente (Base Seca)

2,72
2,80
2,93



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 FUNDACION DE MATERIALES
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 118544
 JEFE

Figura N° 29: Análisis de peso específico y absorción del agregado fino.

Fuente: Elaboración propia

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION
DEL AGREGADO GRUESO**

SOLICITA : **Bach. Perez Ramirez, Cristhian Alberto**
 TESIS : "Resistencia de un Concreto con Cemento Sustituido al 8% y 16% por Ceniza de Retama " SPARTIUM JUNCEUM"
 LUGAR : HUARAZ
 CANTERA : TACLLAN
 MATERIAL : **AGREGADO GRUESO**
 FECHA : **08/03/2019**

A : Peso de material saturado superficialmente seco (aire)
 B : Peso de material saturado superficialmente seco (agua)
 C = A - B : Volumen de masa + volumen de vacios
 D : Peso de material seco en el horno
 E = C - (A - D) : Volumen de masa

ABSORCION (%) : $((A-D)/D) \times 100$
 ABS. PROM. (%) :

P.e. Bulk (Base Seca) = D/C
 P.e. Bulk (Base Saturada) = A/C
 P.e. Aparente (Base Seca) = D/E

P.e. Bulk (Base Seca)
 P.e. Bulk (Base Saturada)
 P.e. Aparente (Base Seca)

1007,2	1012,2	1034,3
624,5	631,7	649,5
382,7	380,5	384,8
1003,5	1008,8	1028,2
379,0	377,1	378,7
0,37	0,34	0,60
0,43		

PROMEDIO

2,62	2,65	2,67
2,63	2,66	2,69
2,65	2,68	2,72

PROMEDIO

2,65
2,66
2,68



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 HUARAZ - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MATERIAS DE SUELOS Y
 GEOMETEOROLOGIA
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 118544
 JEFE

Figura N° 30: Análisis de peso específico y absorción del agregado grueso.

Fuente: Elaboración propia

PESOS UNITARIOS

SOLICITA : Bach. Perez Ramirez, Cristhian Alberto
TESIS : "Resistencia de un Concreto con Cemento Sustituido al 8% y 16% por Ceniza de Retama " SPARTIUM JUNCEUM"
LUGAR : HUARAZ
CANtera : TACLLAN
MATERIAL : AGREGADO FINO
FECHA : 08/03/2018

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7588	7605	7600
Peso de molde	3426	3426	3426
Peso de muestra	4162	4179	4174
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1499	1505	1504
Peso unitario prom.	1503 Kg/m ³		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8062	8047	8055
Peso de molde	3426	3426	3426
Peso de muestra	4636	4621	4629
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1670	1665	1668
Peso unitario prom.	1667 Kg/m ³		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MATERIALES DE SUELO Y
 AGREGADOS DE MALTRILLADOS
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 -JEFE

Figura N° 31: Análisis de pesos unitarios de agregado fino.

Fuente: Elaboración propia

PESOS UNITARIOS

SOLICITA : Bach. Perez Ramirez, Cristhian Alberto
TESIS : "Resistencia de un Concreto con Cemento Sustituido al 8% y 16% por Ceniza de Retama " SPARTIUM JUNCEUM"
LUGAR : HUARAZ
CANtera : TACLLAN
MATERIAL : AGREGADO GRUESO
FECHA : 08/03/2019

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	19168	19172	19115
Peso de molde	5310	5310	5310
Peso de muestra	13858	13862	13805
Volumen de molde	9341	9341	9341
Peso unitario	1484	1484	1478
Peso unitario prom.	1482 Kg/m ³		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	20013	20026	20012
Peso de molde	5310	5310	5310
Peso de muestra	14703	14716	14702
Volumen de molde	9341	9341	9341
Peso unitario	1574	1575	1574
Peso unitario prom.	1574 Kg/m ³		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 ENSAYOS DE MATERIALES
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE

Figura N° 32: Análisis de pesos unitarios de agregado grueso.

Fuente: Elaboración propia

**ANEXO N° 02: ANÁLISIS TERMICO DIFERENCIAL (DTA), ANALISIS
TERMOGRAVIMETRICO (TGA)**

Fichas de informe de laboratorio – Departamento de Ingeniería de Materiales -
Universidad Nacional de Trujillo-Trujillo



Trujillo, 07 de agosto del 2017

INFORME N° 93 - AGO-17

Solicitante: Cristhian Pérez Ramirez. – Universidad San Pedro

RUC/DNI:

Supervisor:

1. MUESTRA: Ceniza de Retama (1 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CR-93Ag	23.7 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 – 800 °C.
- Masa de muestra analizada: 23.7 mg.

Jefe de Laboratorio:

Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable:

Ing. Danny Chávez Novoa

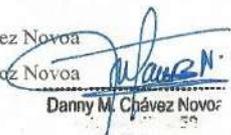

Danny M. Chávez Novoa

Figura N° 33: Análisis Térmico Diferencial (DTA), ANALISIS Termogravimétrico (TGA)

Fuente: Departamento de Ingeniería de Materiales -Universidad Nacional de Trujillo

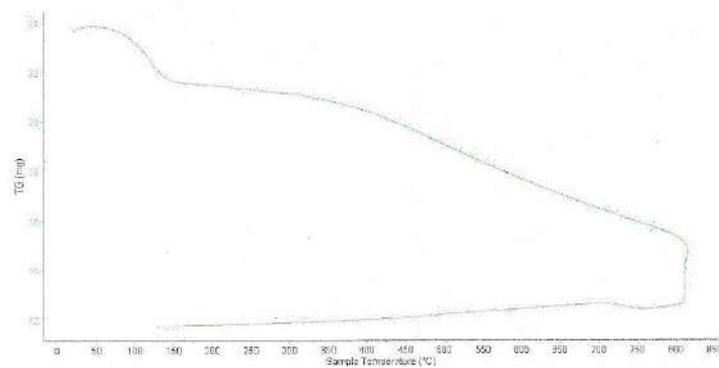


Trujillo, 07 de agosto del 2017

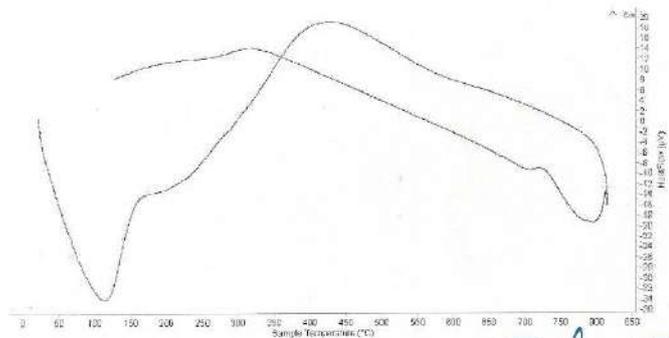
INFORME N° 93 - AGO-17

4. Resultados:

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



II- Curva Calorimétrica DSC



Danny M. Chávez Novop

Figura N° 34: Curva de pérdida de masa- análisis termo gravimétrico, curva calorimétrica DSC

Fuente: Departamento de Ingeniería de Materiales -Universidad Nacional de Trujillo



Trujillo, 07 de agosto del 2017

INFORME N° 93 - AGO-17

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termo gravimétrico se percibe una (1) región importante de pérdida de masa en la muestra, cerca de 95°C y se aprecia una sutil pérdida de masa a partir de 300°C. El material llega a perder aproximadamente 24% cuando alcanza la máxima temperatura de ensayo.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, la curva muestra un (1) pico endotérmico a aproximadamente 115°C y una (1) región exotérmica atenuada entre 380 y 460 °C, lo que podría suponer un cambio estructural.

Trujillo, 07 de agosto del 2017



Ing. Danny Mesías Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros

Departamento Ingeniería de Materiales - UNT

Danny M. Chávez Novoa

Figura N° 35: Conclusión del Análisis Térmico Diferencial (DTA), ANALISIS Termogravimétrico (TGA)

Fuente: Departamento de Ingeniería de Materiales -Universidad Nacional de Trujillo

**ANEXO N°03: ANÁLISIS DE LA MUESTRA DE CENIZA DE LA PLANTA DE
RETAMA POR FRXDE**

Informe de Análisis por Fluorescencia de Rayos-X Dispersiva en Energía (FRXDE)-
Laboratorio de Arqueometría-Universidad Nacional Mayor de San Marcos - Lima



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

Informe N°68-LAQ/2017

Análisis de una muestra de ceniza de planta de retama por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de ceniza de planta de retama a pedido del Sr. Pérez Ramírez, Christian Alberto, egresado de la Universidad San Pedro, sede Huaraz, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

“Resistencia de un Concreto con Cemento Sustituido al 8% y 16% por Ceniza de Retama “Spartium Junceum.”

La muestra está en forma de grano fino de color gris claro..

Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15 μ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 8300 cts/s

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

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo K y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos.. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la

Figura N° 36: Análisis Fluorescencia de Rayos-X Dispersiva en Energía (FRXDE)

Fuente: Laboratorio de Arqueometría-Universidad Nacional Mayor de San Marcos



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene..

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

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

Resultados.

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de ceniza de planta de retama. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en el proceso de calcinación y luego se normalizan para dar un total de 100%. Debe recalcar que la técnica da directamente la concentración de los elementos químicos. Estos resultados se utilizan luego para determinar la concentración de los óxidos.

Figura N° 37: Resultados Fluorescencia de Rayos-X Dispersiva en Energía (FRXDE)

Fuente: Laboratorio de Arqueometría-Universidad Nacional Mayor de San Marcos



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

Tabla 1. Composición elemental de la muestra de ceniza de planta de retama en % de masa total.

Óxido	% masa	Normalizado
SiO ₂	5.336	9.399
P ₂ O ₅	4.440	7.821
SO ₂	1.299	2.289
ClO ₂	1.736	3.058
K ₂ O	17.241	30.366
CaO	24.618	43.362
TiO ₂	0.060	0.106
MnO	0.136	1.287
Fe ₂ O ₃	0.767	1.297
Ni ₂ O ₃	0.002	0.003
CuO	0.025	0.044
ZnO	0.154	0.270
Rb ₂ O	0.012	0.020
SrO	0.296	0.551
ZrO ₂	0.010	0.018
BaO	0,041	0,073
Totales	56.776	100.00

La suma en términos del contenido de óxidos es bastante menor que 100% indicando que puede haber compuestos de Na y/o Mg que no se han detectado por esta técnica y/o la ceniza contiene compuestos diferentes que óxidos, por ejemplo carbonatos, y/o hay una deficiencia en la calibración del instrumento. Para aclarar esta situación se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X para determinar los compuestos que contiene la muestra.

Figura N° 38: Composición Elemental del Resultado de Fluorescencia de Rayos-X Dispersiva en Energía (FRXDE)

Fuente: Laboratorio de Arqueometría-Universidad Nacional Mayor de San Marcos



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

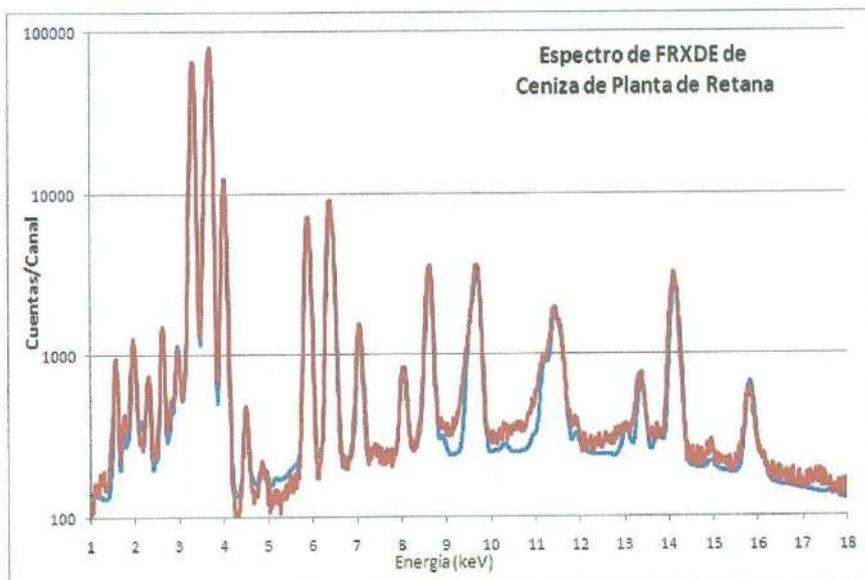


Figura 1. Espectro de FRXDE de una muestra de ceniza de planta de retama en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 24 de octubre del 2017

Figura N° 39: Espectro de Fluorescencia de Rayos-X Dispersiva en Energía (FRXDE)

Fuente: Laboratorio de Arqueometría-Universidad Nacional Mayor de San Marcos

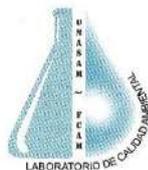
ANEXO N°04: ANÁLISIS DE PH DE CENIZA DE RETAMA

Informe de Laboratorio - Laboratorio de Calidad Ambiental -UNASAM - Huaraz

PH de ceniza de Retama

PH de cemento con ceniza de retama al 8%

PH de cemento con ceniza de retama al 16 %



INFORME DE ENSAYO OT170159

CLIENTE Razón Social : CRISTHIAN PEREZ RAMIREZ
 Dirección : Jr. Soledad Mz B Lte 13
 Atención : Cristhian Perez Ramirez

MUESTRA Producto declarado : Ceniza de Retama
 Matriz : Ceniza
 Procedencia : Carretera al Pinar
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170099

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 24 Noviembre/2017
 Fecha de análisis : 24 - 01 de Diciembre/2017
 Cotización N° : CO170846

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	MC
					Fecha de recepción ¹	23/11/2017
					Hora de recepción ¹	11:30
					Código de Laboratorio	OT170159
FQCZ ANALISIS FISICOQUIMICOS -MUESTRA DE CENIZAS						
FQCZ 02	pH (en laboratorio)	Unid. pH	NOM21-AS - 02 (*)			12.06

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA
¹ Datos proporcionados por el cliente



MSc. Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FLAM - UNASAM
 COP N° 604

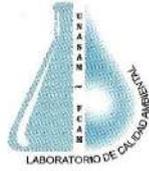
Huancayo, 01 de Diciembre de 2017

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dicientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
 FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
 Av. Centenario N°200-Huancayo - Ancash. Telef.421 431- Cat. 944432754 / 948915005 RPM. # 948915005
 E-mail: labicam@hotmail.com

Figura N° 40: PH de ceniza de Retama

Fuente: Laboratorio de Calidad Ambiental -UNASAM



INFORME DE ENSAYO OT170160

CLIENTE Razón Social : CRISTHIAN PEREZ RAMIREZ
 Dirección : Jr. Soledad Mz B Lte 13
 Atención : Cristhian Perez Ramirez

MUESTRA Producto declarado : Ceniza de Retama más Cemento
 Matriz : Ceniza
 Procedencia : Carretera al Pinar
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170099

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 24 Noviembre/2017
 Fecha de análisis : 24 - 01 de Diciembre/2017
 Cotización N° : CD170848

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código de cliente	MC - C 8%
					Fecha de recepción ¹	23/11/2017
					Hora de recepción ¹	11:35
					Código de Laboratorio	OT170160
FQZ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE CENIZAS					
FQZ 02	pH (en laboratorio)	Unid. pH	NOM21 - AS - 02 (*)			12.71

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA
¹ Datos proporcionados por el cliente



MSc. Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CDP Nº 604

Huacaz, 01 de Diciembre de 2017

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras d'rimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
 FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
 Av. Centenario N°200-Huacaz- Ancash- Telef.421 431- Cel. 944432754 / 948915065 R.P.M. # 948915005
 E-mail: labicam@tntmail.com

Figura N° 41: PH de cemento con ceniza de retama al 8%

Fuente: Laboratorio de Calidad Ambiental -UNASAM



INFORME DE ENSAYO OT170161

CLIENTE Razón Social : CRISTHIAN PEREZ RAMIREZ
 Dirección : Jr. Soledad Mz B Lta 13
 Atención : Cristhian Perez Ramirez
MUESTRA Producto declarado : Ceniza de Retama más Cemento
 Matriz : Ceniza
 Procedencia : Carretera al Pinar
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170099
MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica
LABORATORIO Fecha de recepción : 24 Noviembre/2017
 Fecha de análisis : 24 - 01 de Diciembre/2017
 Cotización N° : CO170946

CÓD.	PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código de cliente	MC - C 16%
					Fecha de muestreo ¹	23/11/2017
					Hora de muestreo ¹	11:40
					Código del Laboratorio	OT170161
FQZ ANALISIS FISICOQUIMICOS - MUESTRA DE CENIZAS						
FQZ 02	pH (en laboratorio)	Unid. pH	NOM21 - AS - 02 (*)			12.52

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA
¹ Datos proporcionados por el cliente



MSc. Germ. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 COP N° 604

Huancayo, 01 de Diciembre de 2017

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos solo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dicientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
 FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
 Av. Centenario N°200-Huancayo, Ancash. Telef. 421.431- Cel. 944432754 / 948915005 RPM. # 948915005
 E-mail: labcam@hotmail.com

Figura N° 42: PH de cemento con ceniza de retama al 16 %

Fuente: Laboratorio de Calidad Ambiental -UNASAM

**ANEXO N°05: ANÁLISIS DE PESO ESPECÍFICO DE LA CENIZA DE
RETAMA**

Peso específico de ceniza de Retama

Peso específico de cemento con ceniza de retama al 8%

Peso específico de cemento con ceniza de retama al 16 %

Fichas de laboratorio – USP - Huaraz

PESO ESPECIFICO

(CENIZA)

SOLICITA: Bach. Perez Ramirez, Cristhian Alberto
TESIS: "Resistencia de un Concreto con Cemento Sustituido al 8% y 16% por Ceniza de Retama "SPARTIUM JUNCEUM"
LUGAR : HUARAZ
CANTERA : _____
MATERIAL : CENIZA DE RETAMA
FECHA: 18/03/2019

PESO DE MATERIAL	150	gramos
VOL. DEZPLAZAMIENTO	48	gramos Cm3.

PESO ESPECIFICO	$D = P/V = 150/48$
-----------------	--------------------

PESO ESPECIFICO CENIZA	3,13
------------------------	------

OBSERVACIONES: Material ceniza utilizado paso por la malla N° 200



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y
 AMBIENTAL

 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CPE: 118644
 JEFE

Figura N° 43: Análisis del Peso Especifico de la Ceniza de Retama

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales – USP



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

PESO ESPECIFICO (MEZCLA CEMENTO - CENIZA)

*RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 8%Y 16%
POR CENIZA DE RETAMA "SPARTIUM JUNCEUM"

PESO ESPECIFICO DE CEMENTO + CENIZA DE RETAMA AL 8%		
PESO DEL MATERIAL	150	Gramos
VOL. DESPLAZAMIENTO	47.9	Gramos X Cm ³
PESO ESPECIFICO	150/47.9	D=p/v
PESO ESPECIFICO OBTENIDO	3,132	

PESO ESPECIFICO DE CEMENTO + CENIZA DE RETAMA AL 16%		
PESO DEL MATERIAL	150	Gramos
VOL. DESPLAZAMIENTO	47,7	Gramos X Cm ³
PESO ESPECIFICO	150/47,7	D=p/v
PESO ESPECIFICO OBTENIDO	3,145	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
COMISIONADO DE MECANICA DE SUELOS Y
MECANICA METALURGICA
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE

FILIALES: Cajamarca: Jr. Huánuco 2512 / Telf.: 076 342122 / Huacho: Calle Ancejo Salas 302 / Telf.: 012 394403
Barranca: Calle Ramón Castilla 491 / Telf.: 01 2354469 / Piura: Carretera Chulucanas Km 41 / Telf.: 078 696394
Trujillo: Av. América Norte 2415 - Uro, Las Quintanas / Telf.: 044 479089 / Sullana: Av. Panamericana y José de Lamus / Telf.: 073 502531
Huaraz: Jr. San Martín 1222 / Telf.: 043 423509 / Caraz: Jr. Sucre cañada 15 / Telf.: 043 391540
Lima: Av. Cuba 528 - 538 / Jesús María / Telf.: 01 3309862 - www.usanpedro.edu.pe - facebook: Universidad San Pedro

Figura N° 44: Análisis del Peso Específico de la combinación de Ceniza de Retama y cemento al 8%y16%

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales – USP

ANEXO N°06: DISEÑO DE MEZCLA

Diseño de mezcla concreto patrón

Diseño de mezcla concreto, cemento con ceniza de retama al 8%

Diseño de mezcla concreto, cemento con ceniza de retama al 16 %

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO POR EL METODO ACI

"RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 8% Y 16% POR CENIZA DE RETAMA "SPARTIUM JUNCEUM"

PATRON

DATOS:

Cemento:	Tipo I	
Peso	42,5	Kg
Resistencia:	210	Kg/cm ²
Peso específico del cemento:	3,12	Gr/cm ³
Slump:	3-4"	"
Peso específico del agua:	1000	Kg/m ³

AGREGADOS:	FINO	GRUESO
Perfil:		Angular
Peso unitario suelto (Kg/m ³)	1502,8	1481,8
Peso unitario compactado (Kg/m ³)	1667,4	1574,5
Peso específico (Kg/m ³)	2796	2666
Modulo de finura	2,67	7,2
TMN		3/4 "
% Absorción	2,63%	0,43%
% Humedad	3,50%	0,60%

1. Cálculo de la F'cr (Resistencia promedio requerido)

Esta en función de la F'c (Resistencia a la compresión del concreto a utilizar)

Según las tres formas:

A) Cuando tenemos la DESVIACIÓN ESTÁNDAR:

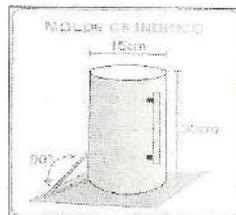
$$F'_{cr} = F'c + 1.33 \times S \quad \dots (i)$$

$$F'_{cr} = F'c + 2.33 \times S - 35 \quad \dots (ii)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

Donde:

- \bar{x} , Valores de resistencia obtenidos en probetas estándar.
- \bar{x} Promedio de valores de resistencia obtenidos en probetas estándar.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
HUARAZ - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
CENTRO DE MECANICA DE SUELOS Y
MATERIALES
[Signature]
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116644
JEFE

Figura N° 45: Diseño de mezcla por el método ACI (a).

Fuente: Elaboración propia

B) Cuando NO tenemos REGISTRO DE RESISTENCIA DE PROBETAS CORRESPONDIENTES A OBRAS ANTERIORES

F'c	F'cr
Menos de 210	F'c + 70
210 - 350	F'c + 84
> 350	F'c + 98

C) Teniendo en cuenta EL CONTROL DE CALIDAD EN LA OBRA

Nivel de control	F'cr
Regular o malo	1.3 F'c a 1.5 F'c
210 - 350	1.2 F'c
> 350	1.1 F'c

Para nuestro caso usamos la forma B. Cuando NO tenemos REGISTRO DE RESISTENCIA DE PROBETAS CORRESPONDIENTES

F'c = 210 Kg/cm²

Entonces **F'cr = 210 Kg/cm²**
por ser experimental y a condiciones de laboratorio se considera solo Fe = 210 Kg/cm²

01. Cálculo del CONTENIDO DEL AIRE:

Tamaño Máximo Nominal (TMN): Agregado Grueso 3/4 "

De la tabla 02:

Entonces **Aire atrapado: 2 %**

02. Cálculo del CONTENIDO DE AGUA:

Tamaño Máximo Nominal (TMN): Agregado Grueso 3/4 "

De la tabla 01:

Sabemos que el Stamp, es: 3-4 "

El T.M.N del agregado grueso, es: 3/4 "

Entonces **Contenido de agua es: 205 Lt.**

03. Cálculo de la RELACIÓN AGUA CEMENTO: por resistencia F'cr:

Sabemos que el F'cr, es: **F'cr = 210 Kg/cm²**

Entonces, calculamos interpolando los datos según la resistencia obtenida:

De la tabla 05:

200	0,7
210	x
250	0,62

La relación a/c: Entonces **a/c = 0,68**

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116244
JEFE



Figura N° 46: Diseño de mezcla por el método ACI (b).

Fuente: Elaboración propia

04 Cálculo de CONTENIDO DE CEMENTO:

Sabemos que: $a/c = 0,68$
 $a = 205 \text{ Lt.}$

Reemplazando: $\frac{205}{c}$ Entonces:

$c = 299,71 \text{ Kg}$

FACTOR CEMENTO: $= C / \text{Peso cemento}$

Entonces:

FACTOR C = 7,05 bls

05. Cálculo del PESO DEL AGREGADO GRUESO:

Peso del agregado grueso = $\left(\frac{b}{b_0}\right) \times \text{Peso U.S.C}$

Donde:

- b: Módulo de fineza del agregado fino
- b₀: Tamaño Máximo Nominal de agregado fino
- u.s.c: Peso unitario seco compactado del agregado grueso

De la tabla 04

Sabemos que el módulo de fineza de A.F. es: 2,67
El tamaño Máximo Nominal del agregado grueso, es: 3/4"

$\left(\frac{b}{b_0}\right) = 0,63$

P. A.G =

Entonces:

P. A. G = 996,66 Kg

2,6	0,64
2,67	x
2,8	0,62

Interpolando:

Entonces

b/b₀ = 0,63

06. Cálculo del VOLUMEN ABSOLUTO:

Concreto total: 1,00 m³ Peso específico del agua: 1000

$\text{Cemento}_{(VA)} = \frac{c}{(\text{pc.cemento})_{gr/cm^3} \times \text{pe.agua}}$

Cemento: 0,10 m³

$\text{Agua}_{(VA)} = \frac{a}{\text{pe.agua}}$

Agua: 0,21 m³

$\text{Aire}_{(VA)} = \frac{\text{aire atrapado}}{100}$

Aire: 0,02 m³

$\text{A.Grueso}_{(VA)} = \frac{\text{P.A.G}}{\text{pe.A.G}}$

A. Grueso 0,37 m³

La suma de todos los materiales debe ser igual a 1m³ de concreto

$\sum (\text{cem} + \text{agua} + \text{aire} + \text{A.grueso})_{VA} = 0,69 \text{ m}^3$

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA EN
CIENCIAS DE SUELOS
JPE. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 118544
JEFE



Figura N° 47: Diseño de mezcla por el método ACI (c).

Fuente: Elaboración propia

A. Fino	0,31	m ³
---------	------	----------------

TOTAL DE CONCRETO =

	1,00	m ³
--	------	----------------

07. Cálculo del PESO DEL AGREGADO FINO:

$$= (A. Fino)_{v_A} \times pe. A.F$$

A. Fino	855,62	Kg
---------	--------	----

08. Representación del DISEÑO EN ESTADO SECO

Cemento	210,00	Kg
A. Fino	855,62	Kg
A. Grueso	996,66	Kg
Agua	205,00	Kg

09. Cálculo por CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS:

$$= P. seco \times \left(\frac{\%w}{100} + 1 \right) \quad \text{A. Fino corregido:} \quad 885,56 \quad \text{Kg}$$

$$= P. seco \times \left(\frac{\%w}{100} + 1 \right) \quad \text{A. Grueso corregido:} \quad 1002,64 \quad \text{Kg}$$

10. Cálculo por APORTE DE AGUA A LA MEZCLA:

$$= \frac{(\%w - \%abs) \times P. seco_{corregido}}{100} \quad \text{A. Fino:} \quad 7,70 \quad \text{Lt}$$

$$= \frac{(\%w - \%abs) \times P. seco_{corregido}}{100} \quad \text{A. Grueso:} \quad 1,70 \quad \text{Lt}$$

TOTAL: 9,41 Lt



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAJES DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 118544
JEFE

Figura N° 48: Diseño de mezcla por el método ACI (d).

Fuente: Elaboración propia

11. Cálculo de AGUA EFECTIVA:

A.e = a – Aporte agua A.e = **195,59** Lt

12. Cálculo del PROPORCIONAMIENTO DEL DISEÑO:

C: 299,71
Proporcionamiento dividiendo

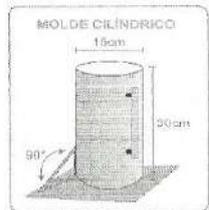
CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA
299,71 Kg	885,56 Kg	1002,64 Kg	195,59 Lt.
1,00 Kg	2,95 Kg	3,35 Kg	27,74 Lt.
$= \frac{c}{c}$	$= \frac{(A.F)_{chl}}{c}$	$= \frac{(A.G)_{chl}}{c}$	$= a - (a)_{AM}$

13. Cantidad de material por tanda:

CEMENTO	42,50	Kg/bls
A. FINO	125,58	Kg/bls
A. GRUESO	142,18	Kg/bls
AGUA DE DISEÑO	27,74	Lt/bls

14. Proporción por una probeta:

VOLUMEN DEL TESTIGO



MOLDE CILÍNDRICO
15cm
30cm
90°

$r = 0,075$ m
 $h = 0,3$ m
 $V = \pi r^2 h$
 $V = 0,005301438$ m³

CANTIDAD DE MATERIAL PARA UNA PROBETA (PATRON)

DESCRIPCION	CANTIDAD DE MATERIAL (Kg)
CEMENTO	1,91 Kg
ARENA	5,63 Kg
GRAVA	6,38 Kg
AGUA	1,24 Lt

DOSIFICACION PARA REEMPLAZO DE CEMENTO POR CENIZA

	Ceniza (Kg)	Cemento (Kg)	Peso Total (Kg)
Sustitucion al 8 %	0,153	1,754	1,907
Sustitucion al 16%	0,305	1,602	1,907

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CAMPUS SAN LUIS
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MATERIALES
Ing. Elizabeth Maza Ambrós
CIP: 116544
JEFE



Figura N° 49: Diseño de mezcla por el método ACI (e).

Fuente: Elaboración propia



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO POR EL METODO ACI - CENIZA AL 8% Y RELACION A/C DE 0.66

"RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 8% Y 16% POR CENIZA DE RETAMA "SPARTIUM JUNCEUM"

CENIZA AL 8% Y RELACION A/C DE 0.66

Cemento	A. Fino	A. Grueso	Agua
299,53 Kg	884,10 Kg	1002,64 Kg	195,60 Lt.
Proporciones En Peso:			
1	2,95	3,35	27,75
Cantidad de material por tanda:			
Cemento	42,5	Kg/bts	
A. Fino	125,44	Kg/bts	
A. Grueso	142,26	Kg/bts	
Agua de diseño	27,75	Lt/bts	
Cantidad de material para una probeta (Patrón)			
Descripción	Cantidad de material (kg)		
Cemento	1,75 Kg		
Arena	5,62 Kg		
Grava	6,38 Kg		
Relacion a/c	1,26 Lt		
Sustitucion al 8 %	0,15 Kg		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 MATERIALES NATURALES
 Ing. Elizabeth Maza Ambrósio
 CIP: 118944
 JEFE

FILIALES: Cajamarca: Jr. Huánuco 2512 / Telf.: 076 342122 / Huacho: Calle Alistejo Salas 382 / Telf.: 012 394403
 Barranca: Calle Ramón Csevilla 491 / Telf.: 01 2354469 / Piura: Carretera Chulucanas Km 41 / Telf.: 078 606394
 Trujillo: Av. América Norte 2415 - Urb. Las Diamantas / Telf.: 044 470088 / Sullana: Av. Panamericana y José de Lima / Telf.: 073 502531
 Huaraz: Jr. San Martín 1222 / Telf.: 043 423509 / Caraz: Jr. Sucre cuadra 15 / Telf.: 043 381540
 Lima: Av. Cuba 528 - 536 / Jesús María / Telf.: 01 3399862 / www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro

Figura N° 50: Diseño de mezcla concreto, cemento con ceniza de retama al 8%

Fuente: Elaboración propia



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO POR EL METODO ACI - CENIZA AL 16% Y RELACION A/C DE 0.67

"RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 8% Y 16% POR CENIZA DE
RETAMA "SPARTIUM JUNCEUM"

CENIZA AL 16% Y RELACION A/C DE 0.67

Cemento	A. Fino	A. Grueso	Agua
299,71 Kg	885,09 Kg	1002,64 Kg	195,60 Lt.
Proporciones En Peso:			
1	2,95	3,35	27,74
Cantidad de material por tanda:			
Cemento	42,5	Kg/bls	
A. Fino	125,51	Kg/bls	
A. Grueso	142,18	Kg/bls	
Agua de diseño	27,74	Lt/bls	
Cantidad de material para una probeta (Patrón)			
Descripción	Cantidad de material (kg)		
Cemento	1,60 Kg		
Arena	5,63 Kg		
Grava	6,38 Kg		
Relacion a/c	1,28 Lt		
	0,31 Kg		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 PERÚ - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 ENGENNERIA MATERIALS

Elizabeth Waza Ambrosio
 Ing. Elizabeth Waza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE

FILIALES: Cajamarca: Jr. Huánuco 2512 / Telf.: 076 342122 / Huacho: Calle Ausijo, Salas 362 / Telf.: 012 394403
 Barranca: Calle Ramón Castilla 491 / Telf.: 01 2354469 / Piura: Carretera Chulucanas Km 41 / Telf.: 078 605394
 Trujillo: Av. América Norte 2415 - Urb. Las Quintanas / Telf.: (04) 470089 / Sullana: Av. Panamericana y José de Lama / Telf.: 073 502631
 Huaraz: Jr. San Martín 1222 / Telf.: 043 423509 / Caraz: Jr. Sucre cuadra 15 / Telf.: 043 391540
 Lima: Av. Cuba 528 - 536 / Jesús María / Telf.: 01 3302862 - www.usapedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro

Figura N° 51: Diseño de mezcla concreto, cemento con ceniza de retama al 16 %

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N°07: RELACION AGUA CEMENTO – SLUMP

Relación agua concreto patrón

Relación agua cemento con ceniza de retama al 8%

Relación agua cemento con ceniza de retama al 16 %

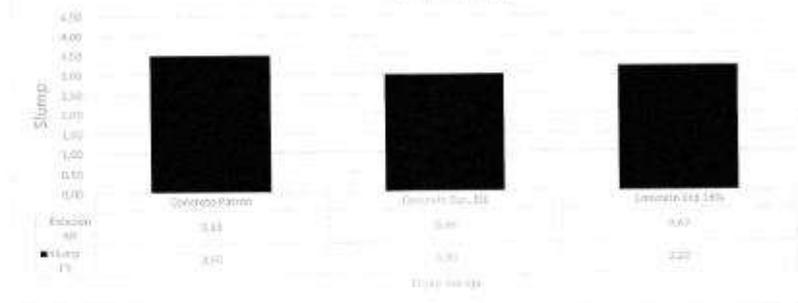


DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO POR EL METODO ACI - RELACION A/C - SLUMP

*RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 85% 16% POR CENIZA DE
RETAMA "SPARTUM JUNCEUM"

DISEÑO F'c= 210 Kg/Cm ²	Agua (L)	Adición de Agua por ensayo (L)	Agua Efectiva (L)	Cemento (Kg)	Relación a/c	Slump (cm)	Slump (")
Concreto Patrón	11,20	0,00	11,20	17,1499	0,63	8,89	3,50
Concreto Exp. 8%	11,20	0,18	11,38	17,1499	0,66	7,62	3,00
Concreto Exp 16%	11,20	0,36	11,56	17,1499	0,67	8,13	3,20

Comparación de la Relación a/c- Slump para un concreto Fc=210kg/cm2, Patrón
vs Experimental





 UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 TRUJILLO - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 ARQUITECTURA
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 DPT: 116544
 JEFE

FILIALES: Cajamarca: Jr. Huánuco 2512 / Telf.: 076 342122 / Huacho: Calle Abojo Sals 382 / Telf.: 012 364403
 Barranca: Calle Ramón Castilla 491 / Telf.: 01 2354469 / Píura: Carretera Chulucanas Km 41 / Telf.: 078 695394
 Trujillo: Av. América Norte 2415 - Urb. Las Dumanas / Telf.: 044 470089 / Sullana: Av. Panamericana y José de Lima / Telf.: 073 602531
 Huaraz: Jr. San Martín 1222 / Telf.: 043 423509 / Caraz: Jr. Sobera cuadra 15 / Telf.: 043 391540
 Lima: Av. Cuba 528 - 538 / Jesús María / Telf.: 01 3309862 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro

Figura N° 52: Diseño de mezcla por el método ACI, relación agua /cemento - Slump

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N°08: ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN

Fichas De Laboratorio – USP – Huaraz

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA: **Bach. Perez Ramirez, Cristhian Alberto**

TESIS : "Resistencia de un Concreto con Cemento Sustituido al 8% y 16% por Ceniza de Retama " SPARTIUM JUNCEUM"

FECHA: **12/03/2019**

FC : **210 kg/cm²**

	TESTIGO	PROGRESIVA	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F'C
Nº	ELEMENTO	KM.	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/cm ²	(%)
1	CONCRETO PATRON	-	3,5"	06/08/2017	13/08/2017	7	195,0	92,9
2	CONCRETO PATRON	-	3,5"	06/08/2017	13/08/2017	7	168,1	80,1
3	CONCRETO PATRON	-	3,5"	06/08/2017	13/08/2017	7	182,6	86,9
4	CONCRETO PATRON	-	3,5"	06/08/2017	20/08/2017	14	196,2	93,4
5	CONCRETO PATRON	-	3,5"	06/08/2017	20/08/2017	14	182,2	86,7
6	CONCRETO PATRON	-	3,5"	06/08/2017	20/08/2017	14	205,1	97,7
7	CONCRETO PATRON	-	3,5"	06/08/2017	03/09/2017	28	218,0	103,8
8	CONCRETO PATRON	-	3,5"	06/08/2017	03/09/2017	28	218,7	104,2
9	CONCRETO PATRON	-	3,5"	06/08/2017	03/09/2017	28	214,1	102,0

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma ASTM C-39

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



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
MATERIALES
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 118544
JEFE

Figura N° 53: Ensayo de Resistencia a Compresión Concreto Patrón

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA: Bach. Perez Ramirez, Cristhian Alberto

TESIS : "Resistencia de un Concreto con Cemento Sustituido al 8% y 16% por Ceniza de Retama " SPARTIUM JUNCEUM"

FECHA: 12/03/2019

F' C : 210 kg/cm²

	TESTIGO	PROGRESIVA	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F' C
Nº	ELEMENTO	KM.	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/cm ³	(%)
1	CONCRETO CON 8% DE SUSTITUCION DE CENIZA	-	3"	06/08/2017	13/08/2017	7	150,1	71,5
2	CONCRETO CON 8% DE SUSTITUCION DE CENIZA	-	3"	06/08/2017	13/08/2017	7	142,3	67,8
3	CONCRETO CON 8% DE SUSTITUCION DE CENIZA	-	3"	06/08/2017	13/08/2017	7	148,6	70,8
4	CONCRETO CON 8% DE SUSTITUCION DE CENIZA	-	3"	06/08/2017	20/08/2017	14	189,8	90,4
5	CONCRETO CON 8% DE SUSTITUCION DE CENIZA	-	3"	06/08/2017	20/08/2017	14	192,1	91,5
6	CONCRETO CON 8% DE SUSTITUCION DE CENIZA	-	3"	06/08/2017	20/08/2017	14	190,8	90,9
7	CONCRETO CON 8% DE SUSTITUCION DE CENIZA	-	3"	06/08/2017	03/09/2017	28	228,9	109,0
8	CONCRETO CON 8% DE SUSTITUCION DE CENIZA	-	3"	06/08/2017	03/09/2017	28	222,8	106,1
9	CONCRETO CON 8% DE SUSTITUCION DE CENIZA	-	3"	06/08/2017	03/09/2017	28	224,5	106,9

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma ASTM C-39

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



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
PIURA - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE MECANICA DE SUELOS Y
CONCRETO ARMADO
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE

Figura N° 54: Ensayo de Resistencia a Compresión Concreto con cemento sustituido al 8%

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA : Bach. Perez Ramirez, Cristhian Alberto

TESIS : "Resistencia de un Concreto con Cemento Sustituido al 8% y 16% por Ceniza de Retama " SPARTIUM JUNCEUM"

FECHA: 12/03/2019

F'c : 210 kg/cm²

	TESTIGO	PROGRESIVA	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F'c
Nº	ELEMENTO	KM.	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/cm ⁴	(%)
1	CONCRETO CON 16% DE SUSTITUCION DE CENIZA	-	3,2"	06/08/2017	13/08/2017	7	117,8	56,1
2	CONCRETO CON 16% DE SUSTITUCION DE CENIZA	-	3,2"	06/08/2017	13/08/2017	7	106,6	50,7
3	CONCRETO CON 16% DE SUSTITUCION DE CENIZA	-	3,2"	06/08/2017	13/08/2017	7	108,9	51,9
4	CONCRETO CON 16% DE SUSTITUCION DE CENIZA	-	3,2"	06/08/2017	20/08/2017	14	151,4	72,1
5	CONCRETO CON 16% DE SUSTITUCION DE CENIZA	-	3,2"	06/08/2017	20/08/2017	14	149,2	71,1
6	CONCRETO CON 16% DE SUSTITUCION DE CENIZA	-	3,2"	06/08/2017	20/08/2017	14	151,9	72,3
7	CONCRETO CON 16% DE SUSTITUCION DE CENIZA	-	3,2"	06/08/2017	03/09/2017	28	161,3	76,8
8	CONCRETO CON 16% DE SUSTITUCION DE CENIZA	-	3,2"	06/08/2017	03/09/2017	28	161,6	76,9
9	CONCRETO CON 16% DE SUSTITUCION DE CENIZA	-	3,2"	06/08/2017	03/09/2017	28	161,1	76,7

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma ASTM C-39

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



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
Y MATERIALES
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116944
JEFE

Figura N° 55: Ensayo de Resistencia a Compresión Concreto con cemento sustituido al 16%

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N°09: UBICACIÓN

Ubicación Referencial por Google Earth- Punto de inicio plaza de armas de la ciudad de Huaraz- Zona de extracción de la retama (vía a la urbanización el pinar)

Ubicación Referencial por Google Earth- punto de inicio plaza de armas de la ciudad de Huaraz- Extracción de los agregados (grupo Rolan)



Figura N° 56: Ubicación Geográfica de la Plaza de Armas - Urbanización el Pinar - Huaraz.

Fuente: Elaboración propia

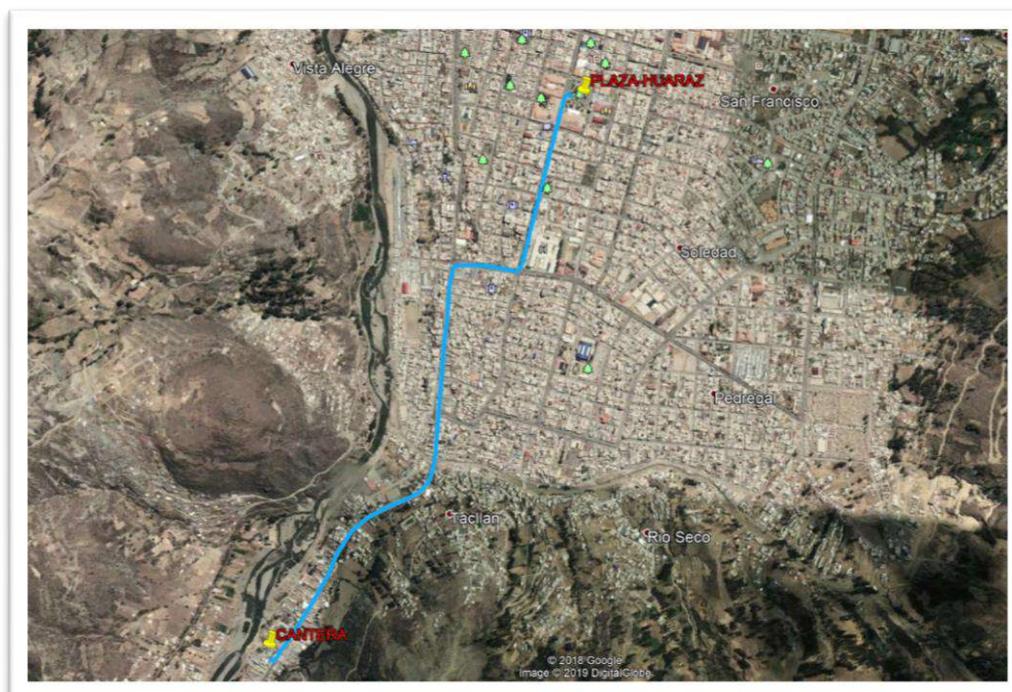


Figura N° 57: Ubicación Geográfica de la Plaza de Armas – Cantera de agregados – Huaraz

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N°10: PANEL FOTOGRÁFICO



Figura N° 58: Zona de extracción de la retama para su utilización en el concreto



Figura N° 59: Retama recogida para el ensayo



Figura N° 60: zona donde se puso a secar la retama



Figura N° 61: Horno limpio con base cerámica donde se dio el prequemado.



Figura N° 62: ceniza de retama previamente quemada en el horno, se puso en fuentes de aluminio para su enfriamiento.



Figura N° 63: Ceniza de retama empacada con papel de aluminio y entregada en el laboratorio de calidad ambiental de la UNASAM para su incineración a 400°C por un tiempo de 2 Horas



Figura N° 64: Ceniza de retama empacada y pesada en papel de aluminio para el ensayo de pH, muestra de ceniza, cemento más cenizo al 8% y cemento más cenizo al 16% ensayo realizado en el laboratorio de calidad ambiental de la UNASAM



Figura N° 65: Ceniza de retama calcinada a 400 °C por 2 Horas pesado para halla el peso específico- Laboratorio de mecánica de suelos- USP-Huaraz



Figura N° 66: Preparación para ver el desplazamiento de la muestra de ceniza para encontrar el peso específico por desplazamiento.

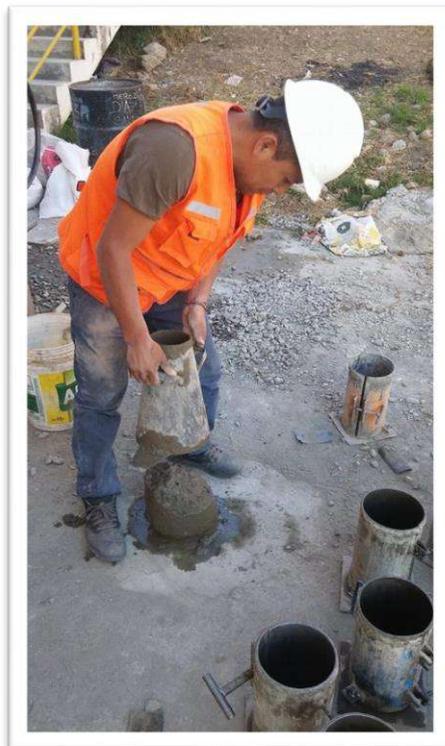


Figura N° 67: Fabricación de las probetas con su respectivo Slump para comprobar sobre todo la relación de agua cemento del diseño



Figura N° 68: Curado de especímenes de concreto



Figura N° 69: Muestras llevadas al laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro para su ruptura a compresión



Figura N° 70: Ensayo de compresión realizado en el laboratorio de mecánica de suelos de la universidad san pedro



Figura N° 71: Momento donde se produce la ruptura de la probeta ensayada