

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL



**Resistencia a la compresión del mortero
sustituyendo al cemento por la combinación de
polvo de concha de abanico (*Argopecten
purpuratus*) y ceniza de cola de caballo
(*Equisetum arvense*) en 10% y 15%**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Mendoza Mantilla, Jeferson Arturo

Asesor:

Flores Reyes, Gumercindo

Chimbote – Perú

2020

PALABRAS CLAVE:

Tema	Mortero
Especialidad	Tecnología del concreto

KEYWORDS:

Topic	Mortar
Speciality	Concrete technology

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Línea	Área	Sub área	Disciplina
Construcción y Gestión de la construcción	Ingeniería y Tecnología	Ingeniería Civil	Ingeniería de la construcción

“Resistencia a la compresión del mortero sustituyendo al cemento por la combinación de polvo de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) y ceniza de cola de caballo (*Equisetum arvense*) en 10% y 15%”

RESUMEN

La finalidad de esta investigación fue evaluar la resistencia a la compresión del mortero sustituyendo al cemento en 10% y 15%, con polvo de concha de abanico y ceniza de cola de caballo con respecto a un diseño común. Esta investigación trató sobre la sustitución parcial del cemento en el mortero de albañilería, primeramente, se estudió los materiales que lo conforman y luego se realizó la sustitución en porcentajes anteriormente mencionados. Se tomó en consideración las características químicas, mecánicas y físicas de dichos elementos que lo componen. Luego se evaluó la resistencia a la compresión del mortero hecho básicamente de cemento y arena con proporciones como lo indica la norma técnica peruana 334.051, seguidamente se realizaron morteros a base de cemento, polvo de concha de abanico, ceniza de cola de caballo y arena.

La concha de abanico y cola de caballo estuvieron sujetas a una activación térmica mediante calcinación a 890° C por 2 horas y 390° C durante 2 horas respectivamente, teniendo en cuenta la temperatura arrojada por el análisis térmico diferencial (DTA); y a una activación mecánica por molienda hasta pasar por la malla N° 200 (75µm) para ambos materiales. Las materias primas activadas fueron llevadas a una caracterización química a nivel de óxidos por fluorescencia de rayos x (FRX) y también se obtuvo su potencial hidrógeno (pH). Al sustituir parcialmente al cemento se consiguió una resistencia de 332.3 kg/cm² y 287.9 kg/cm² a los 28 días, estando el primero un 4% por encima del patrón y el segundo 10% por debajo del patrón, para las sustituciones en 10% y 15% respectivamente.

ABSTRACT

The purpose of this research was to evaluate the compressive strength of the mortar by substituting 10% and 15% for cement, with fan shell powder and horsetail ash with respect to a common design. This research dealt with the partial substitution of cement in masonry mortar, firstly, the materials that comprise it were studied and then the substitution in percentages mentioned above was carried out. The chemical, mechanical and physical characteristics of said elements that compose it were taken into consideration. Then the compressive strength of the mortar made basically of cement and sand with proportions as indicated in the Peruvian technical standard 334.051 was evaluated, followed by mortars based on cement, fan shell powder, horsetail ash and sand.

The scallop and horsetail were subjected to thermal activation by calcination at 890 ° C for 2 hours and 390 ° C for 2 hours respectively, taking into account the temperature produced by the differential thermal analysis (DTA); and to a mechanical activation by grinding until passing through the mesh No. 200 (75µm) for both materials. The activated raw materials were subjected to a chemical characterization at the level of oxides by x-ray fluorescence (FRX) and their hydrogen potential (pH) was also obtained. By partially replacing cement, a resistance of 332.3 kg / cm² and 287.9 kg / cm² was achieved at 28 days, the first being 4% above the standard and the second 10% below the standard, for substitutions of 10% and 15% respectively.

INDICE

Tema	Página N°
Palabras clave	i
Título del proyecto	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Indice	v
Introducción	1
Metodología	30
Resultados	35
Análisis y discusión	65
Conclusiones y Recomendaciones	76
Agradecimientos	78
Referencias bibliográficas	79
Anexos	83

INDICE DE TABLAS

Tabla N°	Página N°
Tabla 1. Componentes químicos fundamentales de las materias primas para la elaboración del cemento y los porcentajes generales	6
Tabla 2. Componentes químicos del cemento Portland tipo I	8
Tabla 3. Requisitos para agua de mezcla	10
Tabla 4. Composición química del polvo de concha de abanico	12
Tabla 5. Desembarque de recursos marítimos para consumo humano directo, en Ancash, 2013-2017 (Toneladas métricas brutas)	12
Tabla 6. Desembarque de recursos marítimos, según especie, 2013-2017 (Toneladas métricas brutas)	13
Tabla 7. Composición química de las cenizas de cola de caballo	15
Tabla 8. Variable dependiente	27
Tabla 9. Variable independiente	28
Tabla 10. Pérdida de masa de concha de abanico y cola de caballo	33
Tabla 11. Técnicas e instrumentos de investigación	33
Tabla 12. Contenido de humedad del agregado fino	37
Tabla 13. Peso unitario suelto del agregado fino	37
Tabla 14. Peso unitario compactado del agregado fino	38
Tabla 15. Gravedad específica y absorción del agregado fino	38
Tabla 16. Granulometría del agregado fino	39
Tabla 17. Propuesta para granulometría del agregado fino	40
Tabla 18. Composición química del polvo de concha de abanico	41
Tabla 19. Composición química de la ceniza de cola de caballo	42
Tabla 20. pH del Cemento Portland Tipo I	43

Tabla 21. pH del polvo de concha de abanico, ceniza de cola de caballo y la combinación de ambos con el cemento al 10% y 15%	43
Tabla 22. Peso específico del polvo de concha de abanico	44
Tabla 23. Peso específico la ceniza de cola de caballo	44
Tabla 24. Peso específico del cemento sustituido en 10%, por polvo de concha de abanico en 7.5% y ceniza de cola de caballo en 2.5%	45
Tabla 25. Peso específico del cemento sustituido en 15%, por polvo de concha de abanico en 11.25% y ceniza de cola de caballo en 3.75%	45
Tabla 26. Dosificación de materiales para el ensayo de fluidez en mortero patrón	46
Tabla 27. Dosificación de materiales para el ensayo de fluidez en mortero experimental sustituyendo al cemento en 10%	46
Tabla 28. Dosificación de materiales para el ensayo de fluidez en mortero experimental sustituyendo al cemento en 15%	46
Tabla 29. Fluidez del mortero patrón y experimental	47
Tabla 30. Dosificación de materiales para elaboración de mortero patrón	47
Tabla 31. Dosificación de materiales para elaboración de mortero experimental sustituyendo al cemento en 10% y 15%	47
Tabla 32. Pesos inicial y final de mortero patrón	48
Tabla 33. Pesos inicial y final de mortero experimental con cemento sustituido en un 10%	49
Tabla 34. Pesos inicial y final de mortero experimental con cemento sustituido en un 15%	49
Tabla 35. Peso específico antes del curado de mortero patrón	51
Tabla 36. Peso específico antes del curado de mortero experimental	

con cemento sustituido en 10%	52
Tabla 37. Peso específico antes del curado de mortero experimental con cemento sustituido en 15%	52
Tabla 38. Peso específico después del curado de mortero patrón	53
Tabla 39. Peso específico después del curado de mortero experimental con cemento sustituido en 10%	53
Tabla 40. Peso específico después del curado de mortero experimental con cemento sustituido en 15%	54
Tabla 41. Valores de dispersión en el mortero patrón	55
Tabla 42. Valores de dispersión en el mortero experimental con cemento sustituido en 10%	56
Tabla 43. Valores de dispersión en el mortero experimental con cemento sustituido en 15%	56
Tabla 44. Resistencia a la compresión del mortero patrón	57
Tabla 45. Resistencia a la compresión del mortero experimental con cemento sustituido en 10%	58
Tabla 46. Resistencia a la compresión del mortero experimental con cemento sustituido en 15%	58
Tabla 47. Relación agua-cemento utilizadas en la elaboración del mortero patrón y experimental	60
Tabla 48. Pruebas de normalidad en muestras de mortero patrón y experimental	61
Tabla 49. Pruebas de efectos inter-sujetos en muestras de mortero patrón y experimental	61
Tabla 50. Prueba ANOVA en muestras de mortero patrón y experimental	62

Tabla 51. Comparaciones múltiples en muestras de mortero patrón y experimental	62
Tabla 52. Prueba de medias independientes en muestras de mortero patrón y experimental	63
Tabla 53. Prueba de medias relacionadas en muestras de mortero patrón y experimental	64

INDICE DE FIGURAS

Figura N°	Página N°
Figura 1. Línea de tiempo de la evolución de los concretos reforzados con fibras	26
Figura 2. Esquema del diseño de investigación	30
Figura 3. Curva de pérdida de masa de concha de abanico – Análisis Termo gravimétrico	35
Figura 4. Curva Calorimétrica de concha de abanico – DSC	35
Figura 5. Curva de pérdida de masa de cola de caballo – Análisis Termo gravimétrico	36
Figura 6. Curva Calorimétrica de cola de caballo – DSC	36
Figura 7. Pesos iniciales de morteros patrón y experimental	50
Figura 8. Pesos finales de morteros patrón y experimental	50
Figura 9. Aumento de peso después del curado en morteros patrón y experimental	50
Figura 10. Comparación de peso específico de morteros antes del curado	54
Figura 11. Comparación de peso específico de morteros después del curado	54
Figura 12. Resistencia a la compresión de morteros patrón vs experimental	59
Figura 13. Resistencia a la compresión de morteros patrón vs experimental	59
Figura 14. I.A.R de morteros patrón vs experimental	59
Figura 15. I.A.R de morteros patrón vs experimental	59
Figura 16. Relación a/c de mortero patrón vs experimental	60

I. INTRODUCCIÓN

Como antecedentes se tiene lo siguiente:

Carneiro, Magalhães, De Muñiz, Nisgoski y Satyanarayana (2015) en su artículo de investigación titulado *“Preparation and Characterization of Nano Silica from Equisetum arvenses”* cuyo objetivo fue la obtención de partículas de nano-sílice del Equisetum arvenses, estudiando diversas pruebas de lavado con ácido y calcinación a diversas temperaturas entre 500 °C – 600 °C llegaron a concluir que las nanopartículas producidas mediante dos ciclos de lavado con ácido y calcinación a 500° C durante 2 horas dio los mejores resultados produciendo un material de color blanco con un gran porcentaje de dióxido de silicio (SiO₂) de un 93.5%, convirtiéndose en una potencial materia prima para muchas aplicaciones.

Naghizadeh, Faezipour, Ebrahimi y Hamzeh (2015) en su artículo de investigación titulado *“Effect of a foaming agent and a pozzolan on properties of high silica content fiber–cement composites”* que tuvo como objetivo la obtención de cemento compuesto de fibras de Equisetum telmateia (cola de caballo) con propiedades térmicas y mecánicas aceptables a partir de la combinación de cenizas volantes (FA) y micro polvo de aluminio (AL), llegaron a concluir que el reemplazo del cemento Portland por un 30% de cenizas volantes clase F aumentó el Módulo de ruptura (MOR), enlace interno (IB) y Módulo de elasticidad (MOE) de los compuestos de fibrocemento de E. telmateia a comparación con la mezcla controlada.

Abbaslou, Delnavaz y Ghanizadeh (2018) en su artículo de investigación titulado *“Analysis of Chloride Diffusivity in Green Concrete Based on Fick’s Second Law”* que tuvo como objetivo la producción de hormigón verde con cenizas de la planta de cola de caballo y residuos de cáscara de arroz que contenían una gran cantidad de silicio como aditivo con 0, 5, 10, 15, 20 y 25%, reemplazando el cemento Portland en cuatro diseños diferentes de mezcla de concreto, llegaron a la conclusión de que la ceniza de cola de caballo también se puede utilizar como un material verde en las industrias de hormigón y cemento, debido a sus altos niveles de Si y Ca y además el concreto verde, además de las especificaciones de resistencia apropiadas y la

disminución de los problemas ambientales, también tiene un papel fundamental en el decrecimiento de la inclusión de iones de cloruro en áreas expuestas a soluciones que contienen iones de cloruro.

Vivancos, Deshmukh, Grégoire, Rémus-Borel, Belzile y Bélanger (2016) en su artículo de investigación titulado ***“Identification and characterization of silicon efflux transporters in horsetail (Equisetum arvense)”*** que tuvo como objetivo estudiar la absorción y la deposición de sílice (Si) de la cola de caballo (Equisetum arvense) conocida entre los acumuladores de sílice más altos en el reino vegetal, llegaron a concluir que dicha planta, un ejemplar con una gran contenido de Si (Hodson et al., 2005), es un modelo valioso para desentrañar la función de los transportadores en la biología del Si. Sin embargo, el genoma muy grande y la falta general de recursos para la cola de caballo plantean ciertos desafíos experimentales.

Sapei (2007) en su disertación doctoral titulada ***“Characterisation of Silica in Equisetum hyemale and its Transformation into Biomorphous Ceramics”*** que tuvo como objetivo obtener un amplio estudio experimental de acumulaciones de sílice en E.hyemale (cola de caballo) usando diferentes caracterizaciones técnicas en todos los niveles jerárquicos, llegó a concluir que el alto grado sílice amorfa ultrafina aislada de E.hyemale promete aplicaciones como adsorbente y soporte de catalizador y como fuente de sílice para la elaboración de compuestos a base de sílice y además que un tratamiento con HCl (Tratamiento de ácido clorhídrico) antes de la calcinación es muy ventajoso para producir sílice biogénica altamente porosa con alta pureza. La temperatura óptima de calcinación es de alrededor de 500 ° C para este proceso. E. hyemale la biosílica derivada con su alta superficie específica bien puede tener potencial industrial aplicaciones, como adsorbentes o soportes catalíticos.

Estela, Falla, Miñano, Villegas y Vasquez (2016) en su proyecto de investigación titulado ***“Influencia de la ceniza de concha de abanico como adición en morteros respecto al peso del cemento”*** que tuvo como objetivo determinar la composición óptima de ceniza de concha de abanico utilizando porcentajes de 0%, 10%, 20%, 30%,

40% con el propósito de reducir la contaminación y de emplear residuos orgánicos en la realización de un mortero llegaron a concluir que en probetas con adición de ceniza de concha de abanico sometido a un curado bajo agua durante siete días muestran una resistencia a la compresión estupenda con un 10%, no obstante, los porcentajes de 20% y 30% de adición revelan cantidades similares a la resistencia de la probeta patrón.

Rivas, E. (2019) en su tesis titulada ***“Efecto de la valva de concha de abanico triturada en las propiedades del mortero de albañilería”*** que tuvo como finalidad analizar el resultado que produce la sustitución parcial de la arena con polvo de concha de abanico en el mortero llegó a concluir que la utilización de conchas de abanico molidas como arena en el mortero ayuda a aumentar la resistencia a la compresión gracias a la figura angulosa de sus granos, lo cual produce una excelente unión entre estas.

Akarley, D. y Florian, C. (2019) en su tesis titulada ***“Caracterización de las propiedades de unidades de albañilería y muretes conformados por bloques de concreto en adición de conchas de abanico”*** que tuvo como objetivo expresar los atributos de las propiedades de unidades de albañilería y muretes conformados por bloques de concreto con adiciones de conchas de abanico, llegaron a concluir que el bloque con adición de concha de abanico de 16% consiguió una resistencia a la compresión a los 28 días de 26.475 kg/cm² y el bloque con adición de concha de abanico de 20% alcanzó una resistencia a la compresión de 20.86 kg/cm² en comparación con el bloque patrón el cual obtuvo una resistencia a la compresión de 22.89kg/cm².

Villanueva, Alvarado, Cortez, Flores, y Gomez (2019) en su artículo de investigación titulado ***“Influencia del porcentaje de conchas de abanico calcinadas sobre las propiedades del mortero”*** que tuvo como objetivo la evaluación del uso de la concha de abanico calcinada a una temperatura de 800 °C como reemplazo de cemento en la elaboración de morteros, llegaron a concluir que las probetas que contenían 10 % de

conchas de abanico dieron una resistencia a la compresión de 171 kg/cm² rebasando a los demás porcentajes los cuales bajaron su resistencia cuando aumentó el porcentaje de conchas, de igual forma superó a la resistencia demandada por el reglamento de la MTC - E609.

Julian, Segura y Jara (2015) presentaron la investigación **“Resistencia de nuevos materiales para sustituir el cemento en concreto”** que tuvo como objetivo determinar la resistencia en compresión de un concreto; en donde, el cemento fue reemplazado en cantidades de 5%, 10% y 15%; en forma separada en cada material que fue analizado dentro del cual estuvo los residuos de *Argopecten purpuratus* (concha de abanico) llegando a concluir que los resultados más prometedores por material y nivel de sustitución correspondieron al 5% para los residuos de concha de abanico observándose que el desarrollo del índice de actividad resistente para los tres niveles de sustitución por polvo de concha de abanico, el concreto experimental supera al convencional.

Ibañez D. (2018) en su tesis titulada **“Resistencia de mortero sustituyendo al cemento por la combinación de 12% de polvo de concha de coquina y 36% de cenizas de cola de caballo.”** que tuvo como finalidad establecer el índice de actividad resistente a la compresión del mortero al reemplazar el cemento por polvo de concha de coquina en un 12% y cola de caballo en un 36%, con respecto a un mortero convencional llegó a concluir que la ceniza de la ceniza de cola de caballo es un gran material puzolánico ya que posee un 90.17% de elementos puzolánicos con referencia a la norma ASTM C-618. Asimismo, la resistencia de los morteros experimentales siempre estuvo por debajo a la de los morteros patrones y esto se debe al alto porcentaje de reemplazo del cemento.

Fundamentación Científica

Definición de mortero

Está conformado de una combinación de aglomerantes y arena gruesa a quienes se les agrega un gran porcentaje de agua que produzca una masa que se pueda trabajar, que sea adherente y que el agregado no se segregue (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016, p.545).

Para la fabricación del mortero con destino a obras de construcción, se considerará lo establecido en la normativa de la NTP 399.607 y 399.610.

Componentes del mortero

Cemento

Definición

Material hecho polvo que al añadirsele una adecuada cantidad de agua produce una masa aglomerante que puede endurecer, ya sea en agua o al aire libre. Quedan fuera los yesos y las cales que carbonatan en contacto con el aire o fraguan en agua. (RNE: Norma E-070 Albañilería, 2016, p.451).

Se emplea comúnmente cemento normalizado Portland tipo I y cemento adicionado (puzolánico); en casos excepcionales se utiliza el cemento Portland tipo II (presenta resistencia a los sulfatos). Presenta un peso por unidad de volumen de 1500 kg/m^3 , y se comercializa por sacos con capacidad de 1 pie cúbico y un peso de 42.5 kg. (San Bartolomé, Quiun y Silva, 2011).

Composición Química

Silicato tricálcico, quien le concede su resistencia primaria y afecta de forma directa en el cambio de calor relacionado al desarrollo de hidratación.

Silicato dicálcico, quien establece la resistencia en un periodo de tiempo más largo y no posee mucha influencia en el calor de hidratación.

Aluminato tricálcico, quien es un acelerante en la respuesta de los silicatos y produce un endurecimiento agresivo. Si se quiere retardar este evento, es conveniente agregarle yeso a lo largo de la elaboración del cemento.

Aluminio-ferrito tetracálcico, tiene efecto relacionado con la rapidez de hidratación y en segundo plano en el calor de hidratación.

Elementos inferiores: óxido de magnesio, potasio, sodio, manganeso y titanio.

La composición química fundamental de las materias primas para la elaboración del cemento y los porcentajes más frecuentes como participan se muestran a continuación:

Tabla 1

Componentes químicos fundamentales de las materias primas para la elaboración del cemento y los porcentajes generales

%	COMPONENTE QUIMICO	PROCEDENCIA USUAL
95%<	Oxido de calcio (CaO)	Rocas Calizas
	Oxido de Sílice (SiO ₂)	Areniscas
	Oxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	Arcillas
	Oxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	Arcillas, Mineral de Hierro, pirita
5%<	Oxido de Magnesio, Sodio, potasio, titanio, azufre, fósforo Y magnesio	Minerales Varios

Fuente: Libro Tópicos de tecnología del concreto en el Perú (Pasquel, E., 1993, p.18)

Producción del cemento

El procedimiento de elaboración del cemento consiste en 4 fases esenciales:

1. Obtención y molienda de la materia prima
2. Uniformización de la materia prima
3. Fabricación del clínker
4. Pulverización del cemento

La materia obtenida de la naturaleza para la fabricación del cemento (caliza, arcilla, arena, mineral de hierro y yeso) es obtenida de canteras o minas y, de acuerdo a la solidez y donde se sitúe el material, se emplean determinados métodos de obtención y maquinaria. Siendo obtenida la materia prima es aminorada a volúmenes capaces de ser sometidos a proceso de molinos de crudo.

La fase de uniformización puede ser por conducto húmedo o conducto seco, de acuerdo a si se utilizan corrientes aéreas o de agua para combinar los materiales. En la etapa húmeda la mezcla de materia prima es bombeada a balsas de uniformización y desde allí hacia los hornos en donde se producirá el clínker a temperaturas mayores a los 1500 °C. En la etapa seca, la materia prima es uniformizada en patios de materia prima con la utilización de equipos especiales. En esta fase el monitoreo químico es muy eficaz y se consume menos energía, pues al no necesitar quitar el agua agregada con

el fin de combinar los materiales, los hornos son más pequeños y el clinker demanda menor tiempo sujetado a las grandes temperaturas.

El clinker conseguido, aparte del método empleado en la fase de uniformización, después es triturado con pocas cantidades de yeso a fin de conseguir el cemento.

Respuesta de las partículas de cemento con el agua

1. Fase primaria: el cemento y el agua están en una situación de disolución, habiendo una fuerte reacción exotérmica inicial. Dura alrededor de 10 minutos.

2. Fase durmiente: en los granos de cemento se crea una lámina gelatinosa, quien impide la hidratación del material cerca de 1 hora.

3. Comienzo del endurecimiento: al seguir la hidratación de los granos de cemento, la lámina gelatinosa empieza a aumentar, produciendo puntos de unión entre las partículas, quienes unidas impiden que la masa de cemento se mueva. También se le denomina fraguado. Entonces, el fraguado es el incremento de la viscosidad en una combinación de cemento y agua.

4. Obtención de resistencia: continuando la hidratación de los granos de cemento, y con existencia de cristales de CaOH_2 , la lámina gelatinosa (quien está repleta en este punto) da origen a unos filamentos de forma tubular denominados “agujas fusiformes”, quienes al crecer en número producen una malla la cual incrementa la resistencia mecánica entre las ya hidratadas partículas de cemento.

5. Fraguado y endurecimiento: el comienzo de fraguado representa un lapso de una masa de cemento de complicada manipulación y de gran viscosidad. Después la masa se pone dura convirtiéndose en una materia compacta y resistente imposible de deformar. El intervalo en el que logra este estado se denomina “fin de fraguado”.

Almacenamiento

De ser cemento en bolsa, se tendrá que almacenar encima de tabloncillos de madera o piso de madera; no debiendo apilar en hileras una sobre otra una medida mayor de 14 bolsas de altura para guardar durante 30 días, ni mayores de 7 bolsas de altura para almacenaje de hasta 2 meses. Para prevenir que el cemento envejezca incorrectamente, luego de llegar al lugar de la construcción, el contratista tendrá que emplearlo en el

mismo orden cronológico de su llegada. Evitar el uso de bolsa alguna de cemento que tenga un almacenamiento mayor a 2 meses en el lugar de las obras, excepto que nuevos ensayos prueben que está en condiciones óptimas.

Tipo de cemento

El cemento Pórtland tipo I está dedicado a construcciones generales de concreto, cuando en ellas no se detalle el uso de otro tipo (Edificaciones, armazones industriales, grupos habitacionales). Desprende mayor calor de hidratación con respecto a cualquier otro tipo de cemento.

Tabla 2

Componentes químicos del cemento Portland tipo I

Composición	Cemento Pacasmayo Tipo I
Cal Combinada : CaO	62.5%
Silicio: SiO₂	21.0%
Aluminio: Al₂O₃	6.5%
Hierro : Fe₂O₃	2.5%
Óxido de Azufre: SO₃	2.0%
Cal Libre: CaO	0.0%
Magnesio: MgO	2.0%
Pérdida al Fuego: P.F	2.0%
Residuo Insoluble: R.I	1.0%
Álcalis: Na₂O + K₂O	0.5%

Fuente: Libro Tópicos de tecnología del concreto en el Perú (Pasquel, E., 1993, p.18)

Agregado fino (arena gruesa)

Definición

Arena gruesa, que proviene de la descomposición de forma natural de las rocas (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016, p.451).

Es conveniente la utilización de arena gruesa, compuesto de granos redondeados y con una completa granulometría (gran diversidad en la medida de los granos de arena), los

cuales puedan ocupar las áreas libres con la masa cementante, creando un mortero denso y muy resistente estando expuesto al aire libre (San Bartolomé et al., 2011).

Composición

Dicho material estará conformado de arena natural originario en canteras aluviales o arena creada artificialmente. El aspecto de los granos tendrá que ser mayormente cúbica o esférica; preferiblemente sin partículas planas, delgadas ni alargadas. Esta arena natural será compuesta de partes de rocas limpias, duras, compactas y durables.

En la fabricación artificial del agregado fino no podrán emplearse rocas que se rompan en partículas laminares, planas o alargadas, no importando el equipo de fabricación empleado.

Propiedades

Granulometría

La arena gruesa tendrá que estar bien gradada entre los intervalos establecidos. La Norma Técnica Peruana señala dichos parámetros granulométricos.

Módulo de fineza o finura

El agregado fino contará con un módulo de finura mayor o igual a 1.6 y menor o igual a 2.5. Se emplearán tamices calibrados para medir el nivel de granulometría. En conceptos de mecánica de suelos, fineza o finura son sinónimas para señalar este valor.

Resistencia y módulos de los agregados

La resistencia de los agregados no debe ser menor que la del hormigón cemento portland o del hormigón asfáltico. No es muy común calcular la resistencia de los agregados.

La resistencia en tracción se sitúa entre 100 a 2300 lb/plg² y la de compresión alrededor de 5000 a 50000 lb/plg². El módulo de Young raramente es medido.

Agua

Este elemento tendrá que ser potable, sin restos de organismos vivos y sin sustancias que pueda causar muerte por envenenamiento (aceite, ácidos, etc.). La utilización de agua proveniente del mar tiene que prevenirse porque genera eflorescencia en el

mortero debido a las sales que posee y la corrosión de la armadura si hubiere (San Bartolomé et al., 2011).

Tabla 3

Requisitos para agua de mezcla

Contenido	Limite Permisible
Cloruros	300ppm.
Sulfatos	300ppm.
Sales de magnesio	150ppm.
Sales solubles totales	1500ppm.
pH	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm.
Materia Orgánica	10 ppm.

Fuente: NTP 339.088 (Ref.4.2)

La concha de abanico

Definición

Es un molusco filtrador bivalvo que se halla repartida geográficamente alrededor de la costa de Nicaragua hasta Coquimbo en Chile. Este molusco tiene la cualidad de ser hermafrodita, en otras palabras, presenta 2 células sexuales, uno cremoso (esperma) y el otro naranja (óvulos). Vive en una profundidad alrededor de los 5m hasta los 30m y a temperaturas alrededor de los 13°C hasta llegar a 28°C. Su comida es diferentes tipos de fitoplancton como por ejemplo el *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros sp*, entre otros (López J., 2009).

Descripción taxonómica

Phylum: Mollusca

Clase: Pelecípoda

Orden: Pterioidea

Familia: Pectinidae

Género: *Argopecten*

Especie: *Argopecten purpuratus*

Relevancia y atributos

Son moluscos conocidos a nivel internacional como “Scallops” (Peruvian Scallops) o Vieiras Concentradas bajo sus diversos rubros (congelado, fresco o refrigerado y en conservas). Estas mismas se venden a un valor internacional, en nuestra situación bajo la clase de operación exportación, que cambia de 15 a 30 dólares por kilogramo y frecuentemente la forma de comercialización al cliente son las de sellado al vacío. No obstante, las maneras de compra oscilan de acuerdo a la necesidad del consumidor. De la misma forma, la selección de estos productos acuícolas como un molusco a vender internacionalmente fue debido a que es un mercado en crecimiento causado por la inclinación actual del consumo de productos hidrobiológicos en todo el mundo. Esto se debe al respaldo que otorgan en tanto higiene y sustentabilidad económica. También, se cuenta con una superioridad competitiva con respecto a su cultivo ya que en nuestro Perú se da la facilidad de plantar estos bivalvos bentónicos a lo largo de todo el año, estando así a salvo de las épocas de veda. Este último motivo nos facilita sacar provecho al déficit actual que existe en el mercado internacional. Por otro lado, mencionando sus propiedades tenemos: riesgo mínimo a problemas con el corazón, evolución del cerebro, inclinación a la disminución en la presión, optimización de la función del riñón y disminuye las inflamaciones.

Usos

Las vieiras son moluscos de mucha importancia en el mercado, debido al delicioso sabor de su carne, la cual puede ser degustada cruda o cocida (en empanadas, a la parmesana, etc.).

Composición química

A manera de referencia se muestra los siguientes resultados obtenidos mediante un análisis de fluorescencia de rayos x, según Julián et al. (2017).

Tabla 4*Composición química del polvo de concha de abanico*

Componentes	Resultados (%)
Óxido de Calcio (CaO)	97.743
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	0.820
Óxido de Potasio (K ₂ O)	0.740
Óxido de Estroncio (SrO)	0.359
Óxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	0.234
Trióxido de Azufre (SO ₃)	0.095
Materia Orgánica	0.010

Fuente: Proyecto de investigación Resistencia de una pasta concha - arcilla de Yacya-Huari. (Julián et al, 2016, p.20)

Con respecto a la Tabla 4 el método de activación permitió conseguir un biomaterial altamente reactivo con 97.743% de óxido de calcio (CaO). No obstante, lo más relevante de esta activación utilizada es que nos ha ayudado a obtener un material altamente limpio, ya que los porcentajes de óxidos de silicio, potasio, estroncio, hierro y azufre son valores de décimas y centésimas. En pocas palabras, es un material con una pureza de óxido de calcio del orden de un 100% (Julián et al., 2016).

Disponibilidad del recurso

Tabla 5

Desembarque de recursos marítimos para consumo humano directo, en Ancash, 2013-2017 (Toneladas métricas brutas)

Puerto	2013	2014	2015	2016	2017 P/
Áncash	133 959	108 012	109 778	84 283	84 283
Casma	7 820	2 650	1 520	1 167	1 167
Coishco	19 548	31 927	10 928	8 390	8 390
Culebras	1 207	637	2 421	1 859	1 859
Chimbote	95 306	57 559	83 561	64 154	64 154
Huarmey	3 776	4 081	3 226	2 477	2 477
Samanco	6 302	11 158	8 122	6 236	6 236

Fuente: Ministerio de la Producción - Dirección General de Políticas y Desarrollo Pesquero.

Tabla 6

Desembarque de recursos marítimos, según especie, 2013-2017 (Toneladas métricas brutas)

Especie	2013	2014	2015	2016	2017 P/
Otros Grupos	626 733	701 527	661 375	424 543	395 106
Quelonios	-	-	-	-	-
Crustáceos	29 568	32 861	60 791	34 357	46 341
Cangrejo	2 343	1 954	2 539	2 404	1 338
Langosta	-	-	2	6	5
Langostino	27 212	30 689	58 005	31 888	44 909
Otros	13	218	244	59	89
Moluscos	573 548	640 968	579 251	357 290	322 128
Abalón	739	1 341	480	573	279
Caracol	2 127	3 302	2 799	2 571	977
Choro	6 954	5 866	4 476	3 682	1 611
Concha de Abanico	91 474	56 820	30 396	13 343	4 970
Macha	1 227	1 207	1 697	610	165
Almeja	16 611	10 986	18 330	6 924	1 309
Calamar	451 061	556 156	513 796	323 337	295 132
Pota	1 317	1 977	5 036	1 318	3 808
Pulpo	2 038	3 313	2 242	4 932	13 877
Otros	1 427	1 868	1 521	1 113	579
Equinodermos	-	-	-	-	-
Cetáceos Menores	22 189	25 830	19 812	31 783	26 058
Vegetales	626 733	701 527	661 375	424 543	395 106

Fuente: Ministerio de la Producción - Dirección General de Políticas y Desarrollo Pesquero.

En las tablas 6 y 7 se muestra la disponibilidad del recurso a lo largo del tiempo.

Accesibilidad

Vía terrestre

El material es proveniente de la playa “El Dorado” pero son transportadas hasta el mercado de peces, para llegar allí se toma un vehículo desde la Plaza de Armas de Chimbote, el transcurso del viaje dura alrededor de 10 minutos aproximadamente hasta llegar al mercado de peces “La Sirena” ubicado casi en la intersección de la Av. José Gálvez y el Jr. José Olaya.

La cola de caballo

Definición

Considerada una de las plantas más primitiva del planeta, alrededor de 400 millones de años, en la edad paleozoica, creaba bosques completos. Su apariencia es la imagen de una época remota en la que la creación de las flores aún era imposible y tenían una conexión antigua con el mundo mineral, el agua y la luz. El nombre botánico, equisetum, proviene de la mezcla de equus caballo y sacta cerda, pues los tallos son igual de duros que las cerdas de un caballo y arvensis el nombre de la diversidad, que representa "campo" y señala el hábitat de la planta.

Descripción botánica

Nombre Científico: Equisetum arvense

Familia: Equisetaceae

Nombre Común: Cola de caballo

Atributos botánicos

Considerado parte de la familia de las equisetáceas, ser vivaz con un rizoma rastrero que da origen a raíces secundarias. Crece a lo largo del año de 2 maneras distintas: entre marzo y abril nacen tallos fértiles color marrón rojizo o color amarillo de una altura de 20 cm., con hojas color marrón. En sus puntas se presentan esporangios que liberan esporas verdosas. Entre mayo y junio crecen los tallos estériles de una altura de 10 a 14 cm. de color verde y firmemente ramificados. En cada nudo crece una cubierta membranosa dentada tras la cual aparecen ramos erguidos o inclinados. Los tallos estériles se reconocen por su superficie rugosa, causado por el fuerte contenido de ácido silícico en solución o cristalizado. (Vogel A., 2018).

Hábitat

Típica en toda Europa, Asia, América del Norte hasta la región ártica, siendo capaz de extenderse hasta una altitud de 2500 m. Elige los sitios húmedos y los lugares arenosos. Es de mucha importancia saber distinguir la especie precisa del Equisetum arvense, pues otras especies traen muy seguido un hongo el "Ustilago equiseti", causante de intolerancias. (Vogel A., 2018).

Uso

Laboratorio Bioforce emplea los tallos infértiles de la cola de caballo silvestre. La recolección se hace durante mayo y junio, en el tiempo donde el silicio todavía es asimilable. Los tallos son molidos rápidamente después de la recolección y lugares en maceración en alcohol puro para la obtención de la tintura madre.

Composición Química

A manera de referencia se muestra los siguientes componentes obtenidos mediante fluorescencia de rayos x, según Ibañez D. (2018).

Tabla 7

Composición química de la ceniza de cola de caballo

Componentes	Resultados (%)
Trióxido de Aluminio (Al_2O_3)	8.835
Dióxido de Silicio (SiO_2)	76.838
Dióxido de Azufre (SO_2)	0.957
Dióxido de Cloro (ClO_2)	0.206
Óxido de Potasio (K_2O)	4.273
Óxido de Calcio (CaO)	3.123
Dióxido de Titanio (TiO_2)	0.387
Pentóxido de Vanadio (V_2O_5)	0.005
Óxido de Cromo (Cr_2O_3)	0.015
Óxido de Manganeso (MnO)	0.112
Trióxido de Hierro (Fe_2O_3)	4.500
Óxido de Zinc (ZnO)	0.080
Óxido de Estroncio (SrO)	0.025
Óxido de Rubidio (Rb_2O)	0.008
Óxido de Itrio (Y_2O_3)	0.003
Dióxido de Circonio (ZrO_2)	0.031
Óxido de Bario (BaO)	0.091

Fuente: Tesis Resistencia de mortero sustituyendo al cemento por la combinación de 12% de polvo de concha de coquina y 36% de cenizas de cola de caballo. (Ibañez, D. ,2018, p.37).

El Dióxido de Silicio u Óxido de Silicio (SiO_2) es una combinación de silicio y oxígeno, denominado mayormente sílice. El óxido de silicio se utiliza, para variar, para fabricar cerámicas, vidrio y cemento. El gel de sílice es un desecante, en otras palabras, que elimina la humedad del sitio en donde se ubica.

La suma de óxidos mayores para la ceniza de cola de caballo fue de 88.796% y obtuvo un 76.838% de SiO₂, con lo cual se podría clasificar como puzolana clase C, si se disminuyeran las pérdidas por calcinación, lo cual se podría alcanzar si se mejora el proceso de quemado sería una gran materia prima. En general los porcentajes de los principales óxidos de la ceniza de cola de caballo fueron adecuados de acuerdo a las especificaciones de la norma ASTM C 618-19.

Debido a la gran cantidad de silicio que aporta la ceniza de cola de caballo este puede ser usado fácilmente y experimentado parcialmente en el diseño de mezcla. El moldeado de los morteros se hará según la NTP 334.051.

Accesibilidad

Vía terrestre

El material recolectado proviene de Ancash, en la localidad del Santa, cerca de Huaca Choloque. Para llegar a dicho lugar se toma un vehículo del paradero de carros que van a Santa que se encuentra en la intersección de Jr. José Olaya y Jr. Manuel Ruiz, el transcurso hasta el lugar más cerca al destino es de 20 minutos, luego se camina hasta llegar a Huaca Choloque en un tiempo de 15 minutos.

Pruebas en laboratorio

Análisis granulométrico de la arena gruesa

Procedimiento

1. Se eligieron tamaños apropiados de mallas con el fin de proveer los datos demandados por las descripciones que abarque el agregado a ser testado. La utilización de mallas extra podría ser requerida para conseguir otro tipo de datos, como el módulo de finura o para ajustar la abundancia de agregado sobre una malla. Ajustar los tamices en disposición de ranura descendiente comenzando en la tapa hasta el plato y poner el agregado encima de la malla superior. Sacudir los tamices de forma manual o con un equipo mecánico durante un tiempo adecuado, determinado por tanda o comprobado con una dimensión de la muestra evaluada, logrando los requisitos de idoneidad.

2. Delimitar la suma de material encima del tamiz empleado de tal modo que la totalidad de los granos puedan tener la ocasión de obtener la ranura del tamiz una cantidad de veces a lo largo de la maniobra de tamizado. Para cernidores con huecos de un valor menor a 4,75 mm (Nº 4), la suma retenida encima de algún tamiz al finalizar el cernido no pasará a 7 kg/m² de área superficial de cernido. Para cernidores con huecos igual o mayor a 4,75 mm (Nº 4), la suma retenida en kilogramo no podrá rebasar la multiplicación de 2,5 x (ranura del tamiz en mm x (área efectiva de cernido, m²)). Este valor se indica para 5 medidas de tamices de empleo frecuente. En ninguna situación la suma retenida deberá ser superior como para producir deformación de forma permanente a la malla.

3. Prolongar el tamizado por un tiempo prudente, de tal modo que al terminar un porcentaje no mayor del 1 % de la masa del restante encima de una de las mallas, pasará a través de él por 1 minuto de tamizado a mano como se indica a continuación: Sujetar con fuerza la malla particular y su tapador con un plato correctamente apretado con posición diminutamente inclinada hacia una mano. Pegar el borde hacia la palma de nuestra otra mano con un desplazamiento en dirección a lo alto y una rapidez alrededor de 150 veces/ min rotando la malla una sexta parte de un giro por cada 25 golpes.

4. Establecer la masa de cada aumento de tamaño sobre una balanza acorde a los requisitos señalados redondeando al 0.1 % más próximo de la masa entera que tenía en un inicio la muestra en estado seco. Dicha masa completa de agregado después del tamizado tendrá que ser comprobada con la masa del agregado puesta sobre cada malla. Si la suma varía en un porcentaje mayor al 0.3 %, sobre la masa seca inicialmente del agregado, el resultado no podrá emplearse para fines de aprobación.

Finalidad

El análisis granulométrico es empleado para establecer la distribución de dimensiones o gradación de agregados libres y lograr una óptima combinación posible de acorde a los requerimientos del ASTM o la NTP 400.012.

Ensayo de fluidez para morteros patrón y experimental

Procedimiento

1. Llenar el molde

Limpiar y secar el tablero de la mesa de fluidez, ajustar el molde de forma central, derramar en este mismo una lámina del mortero, de 2.5 cm (1 plg) de grosor, y comprimir con 20 golpes con el compactador, designados de forma equitativa; colmar completamente el molde con una siguiente lámina de mortero y continuar igualmente como la vez anterior. La fuerza a aplicar en el instrumento que compacta, será aquella que garantice el cubrimiento completo y homogéneo del molde, quitando el excedente de mortero de la lámina superior y enrasando la parte descubierta con ayuda de una espátula.

2. Determinar la fluidez

Llenado el molde, quitar los restos y humedad del tablero de la mesa, evitando absorber el agua ubicada en el contorno del molde. Pasado un 1 minuto de finalizado el trabajo de mezclado, quitar el molde, alzándolo y seguidamente hacer caer la mesa de fluidez con una altitud de 1.27 cm ($\frac{1}{2}$ plg) 25 veces en 15 segundos. Posteriormente anotar el diámetro en la base del mortero, como mínimo en 4 direcciones equidistantes y computar el diámetro promedio.

Finalidad

Saber el valor de la relación agua/cemento que cumpla con la norma NTP 334.057 la cual nos otorga parámetros los cuales deben de obedecer nuestras pastas. El agua retenida en el mortero hidráulico le concede cierta fluidez, hay morteros que demandan determinado nivel detallado de fluidez el mismo que se calcula por el aumento del diámetro de la base más grande del molde que cubre al mortero.

Determinación del contenido de humedad de la arena gruesa

Procedimiento

1. Establecer el peso de la arena con una exactitud de 0.1 %.

2. Quitar totalmente la humedad a la muestra en el depósito con ayuda de un medio de calor escogido, tratando de impedir la disminución de las partículas. Un secado

demasiado veloz puede provocar que estallen algunos granos quedando en pérdidas de partículas. Utilizar un horno de temperatura regulada si el exceso de calor pueda modificar los atributos del agregado o en caso se necesite una medida más exacta. De utilizarse un medio de calor distinto al horno de temperatura regulada, agitar la muestra a lo largo del secado para apresurar el trabajo e impedir que se sobrecaliente en un solo punto. De utilizarse un horno microondas, queda a criterio del operario el batir la muestra.

2.1. Precaución: de usarse un horno microondas, los minerales aliados a veces contenidos en los agregados pueden producir que el material se sobrecaliente y estalle. Si esto sucede puede estropear el microondas.

3. De utilizarse una plancha o cocina, podemos apresurar el secado a través del siguiente método: Agregar la cantidad exacta de alcohol anhidro hasta envolver la muestra húmeda. Mezclar y dejar que el material suspendido se asiente. Depurar la mayor suma posible de alcohol sin tener pérdidas de partículas de la muestra. Prender el alcohol sobrante y dejarla prendida hasta que se consuma a lo largo del secado de la muestra encima de la plancha o cocina. Precaución: Tener en cuenta advertencias para regular la combustión con el objetivo de evitar lesiones o deterioros con el alcohol prendido.

4. La muestra debe estar lo necesariamente seca cuando la colocación de calor agregado produzca o sea capaz de producir un porcentaje menor al 0.1 % de disminución adicional de masa.

5. Establecer el peso de la muestra totalmente seca con un acercamiento al 0.1 % posterior a su secado y enfriamiento, lo bastante para no estropear la balanza.

Finalidad

Establecer la totalidad del porcentaje de humedad que se evapora en una masa de arena gruesa por secado. La humedad que se evapora contiene la humedad superficial y la que incluye en los vacíos de la arena, no obstante, no tiene en cuenta el líquido que se mezcla químicamente con minerales de otros agregados y que no es afectado por evaporación, por lo que no está considerada en el porcentaje establecido por dicho procedimiento.

Determinación de peso unitario del agregado fino

Procedimiento

1. Selección del método

El método para la evaluación de peso unitario suelto se utilizará únicamente de ser señalado particularmente. En todo caso, el peso unitario compactado tendrá que ser evaluado con el método de apisonado para todo agregado que tenga una medida máxima de 3.75 cm (1 ½ plg) o menor; o mediante el método de percusión para todo agregado con una máxima medida de 3.75 cm a 15 cm (1 ½ plg a 6 plg).

2. Proceso para apisonar

2.1. Se completa un tercio de la porción del depósito de medida y se procede a nivelar la superficie con los dedos. Se realiza el apisonado de la cubierta de agregado con una varilla compactadora, dando 25 golpes repartidos equitativamente encima de la superficie. Se llena solo dos tercios de la porción de la medida y nuevamente se compacta con 25 golpes. Por último, se colma la capacidad hasta derramarse, golpeando 25 veces con una varilla compactadora; la arena excesiva se retira con ayuda de la varilla compactadora como regla.

2.2 Compactando la primera cubierta, se tiene en cuenta si la varilla no golpea el fondo con firmeza. Compactando las dos últimas láminas, sólo se utiliza la energía necesaria hasta que la varilla compactadora atraviese la última lámina de arena poniéndola en el recipiente.

2.3 Se calcula los pesos del depósito a utilizar con y sin contenido y se anota dichos pesos con una proximidad de 0.05 kg.

3. Método de percusión

3.1. Un depósito de medida se colma en 3 láminas de una proporción similar. Cada una ha de compactarse situando el depósito con la arena encima de un piso estable (por ejemplo, un piso de hormigón), se da una inclinación hasta que el filo contrario a la base de sostén esté a una distancia de 5 cm del piso, para después dejarlo que caiga de modo tal que dé un golpe seco. A través de esta manera, los granos de la arena se ajustan de forma compacta. Cada lámina debe ser compactada, dejando que caiga el

depósito 50 veces en la manera indicada, 25 veces en cada extremo. La arena excesiva se quita con ayuda de una varilla.

3.2. Calcular cuánto pesa el depósito de medida con su contenido y cuánto pesa el depósito y anotar las cantidades con una proximidad de 0.05 kg (0,1 lb).

4. Cálculo del peso suelto

4.1. Proceso con palana: El depósito de medir se colma con ayuda de la palana o cucharón hasta derramarse, liberando el agregado a partir una elevación de no más de 5 cm (2 plg) por arriba de la parte descubierta del depósito. La arena excesiva se quita con una varilla.

4.2. Se pesa el depósito de medida con el material y luego el peso sin material y se anotan las cantidades con una proximidad de 0.05 kg (0,1 lb).

Finalidad

Definir el peso unitario suelto o compactado y el cómputo de vacíos en la arena, en base a la misma determinación. Este procedimiento no es aplicable en agregados de máximo tamaño nominal de 15 cm.

Determinación de gravedad específica y absorción en agregados

Procedimiento

1. Procedimiento gravimétrico (Picnómetro)

1.1. Colmar parcialmente el picnómetro con agua. Meter en el mismo 500 gr \pm 10 gr de arena saturada seca superficialmente, y rellenar de agua extra hasta un aproximado de 90% de su medida. Sacudir el picnómetro manualmente o mecánicamente.

1.1.1. Girar, invertir o sacudir manualmente el picnómetro (o aplicar un combinado de estas acciones) para quitar las burbujas de aire existentes.

1.1.2. Sacudir mecánicamente el picnómetro por movimiento externo de una forma que no se degrade la muestra. Regular el grado de zarandeo para establecer las partículas individuales en movimiento sin degradación siendo esto idóneo para originar la expulsión de aire. Un agitador mecánico es considerado admisible para su

utilización, si las pruebas comparativas, cada etapa de 6 meses, indican cambios menores que el rango tolerable de 2 resultados respecto a los resultados de la agitación manual del mismo material.

1.2. Luego de la expulsión de la totalidad del aire atrapado, regular la temperatura del picnómetro y su contenido a $23.0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2.0\text{ }^{\circ}\text{C}$, si es inevitable por sumersión parcial en agua circulante, y trasladar el nivel de agua en el picnómetro a su medida de calibración. Calcular la totalidad del peso del picnómetro, la muestra, y el líquido.

1.3. Apartar del picnómetro la arena, quitar la humedad en un horno a una masa invariable, a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, dejar que enfríe al aire libre alrededor de $1\text{ h} \pm 1/2\text{ h}$, y calcular el peso.

1.4. Calcular el peso del picnómetro repleto a su medida de calibración con agua a $23.0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2.0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

2. Procedimiento volumétrico (frasco Le Chatelier)

2.1 En primer lugar colmar el matraz con agua a una posición en el vástago entre él y la medida de 1 ml. Registrar este dato inicial con el frasco y el líquido adentro del nivel de temperatura de $23.0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2.0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Añadir $55\text{ g} \pm 5\text{ g}$ de arena en estado de saturada seca superficialmente (o como sea requerida). Luego de meter la totalidad de los agregados finos, poner la tapa en el frasco y girar el frasco en una forma un tanto inclinada o levemente girar en un círculo plano para desalojar la totalidad de aire contenido, siguiendo hasta no quedar más burbujas que asciendan a la superficie. Anotar una medida final con el matraz y su contenido alrededor de $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ de la temperatura inicial.

2.2. Para el cálculo de la absorción, utilizar una parte separada de la arena saturada seca superficialmente con $500\text{ g} \pm 10\text{ g}$, quitar la humedad hasta masa invariable y calcular la masa seca.

Finalidad

Determinar una forma para calcular la densidad promedio de partículas de arena (sin considerar vacíos entre granos), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción de la arena.

Resistencia a la compresión de morteros patrón y experimental

Procedimiento

1. Apartar de la cámara húmeda los cubos de mortero que serán ensayados a la edad de 24 horas, arrojándolos con un trapo húmedo, al mismo tiempo que se van dejando en la máquina. Los demás cubos de mortero, deben retirarse del depósito de almacenaje uno por uno y probarse a la brevedad posible. Todos los cubos de mortero se ensayarán teniendo en cuenta los siguientes límites de tiempo: edad de 24 horas \pm ½ hora; edad de 3 días \pm 1 hora; edad de 7 días \pm 3 horas; y edad de 28 días \pm 12 horas.
2. Los cubos de mortero tendrán que secarse y dejarse libre de arena suelta, o restos incrustados, en las caras que estarán en contacto con la máquina de ensayo. Se verificará a través de una regla que dichas caras estén estupendamente planas. Situar con cuidado el testigo en la máquina centrando por abajo del bloque superior, verificándose previo al ensayo de cada cubo, que la rótula gire con libertad hacia cualquier lado. No se utilizarán amortiguadores entre los bloques de carga y el cubo de mortero.
3. Cuando se tiene expectativa de que el cubo de mortero soporte una carga máxima mayor a 13.3 kN, se agrega a este una carga preliminar de la mitad del valor deseado, a rapidez provechosa; de tenerse expectativa de que la carga que va a soportar sea menos de 13.3 kN, no se agregará carga inicial al espécimen. La rapidez de ejecución de la carga se determina de tal modo que la carga sobrante para hacer fallar los testigos de mortero con resistencia esperada superior de 13.3 kN o la totalidad de la carga en los otros, se utilice sin interrupciones en un lapso alrededor de 20 a 80 segundos, a partir del comienzo de la carga. No se realizará algún otro arreglo a la maquina cuando se esté aplicando el ensayo.

Finalidad

Este procedimiento nos da un método para establecer la resistencia a la compresión del cemento hidráulico y otros morteros y los resultados podrían ser empleados para establecer el cuidado con los requerimientos. Este procedimiento de ensayo hace alusión a muchos otros requisitos y métodos de prueba. Tener cuidado en el uso de los resultados de este método de ensayo para intuir la resistencia de concretos. Normas de referencia: ASTM C109, NTP 334.051-2006.

Justificación de la Investigación

Esta investigación busca aportar información nueva sobre esta adición de materiales a la pasta cementante y servir como base para investigaciones futuras.

Se pretende a través de este trabajo obtener un mortero de gran resistencia, de bajo costo y proporcionalmente equilibrado debido a que muchos materiales presentan calidad insuficiente para fabricar un mortero con las características solicitadas.

Se pretende lograr el mejoramiento de las características mecánicas del concreto apoyándose en la utilización de materiales que abundan en la naturaleza y las cuales no son aprovechadas debidamente.

Con esta posibilidad de mejorar el mortero con polvo de concha de abanico y ceniza de cola de caballo se traerían grandes beneficios económicos, sociales y ambientales lo cual permitiría que las personas de bajos recursos puedan acceder a la utilización de este tipo de mortero más resistente que uno convencional y que las grandes empresas apuesten por un proceso que muestre su compromiso social y ambiental pues es el mortero uno de los productos más utilizados mundialmente en la construcción.

Problema

Realidad Problemática

Como resultado de numerosas investigaciones vienen surgiendo diferentes materiales para ser empleados en construcciones que permitan mejorar sus propiedades de resistencia mecánica, duración a lo largo del tiempo, aspecto económico, disposición y el cuidado al medio ambiente

La planta de cola de caballo a lo largo del tiempo constantemente deja caer sus hojas, ya sea por falta de cuidado o por la edad, estas hojas se dejan acumular y luego son desechadas y quemadas contribuyendo a la contaminación ambiental.

Respecto a la concha de abanico sólo se aprovecha la parte comestible, pues una vez obtenido dicha parte es desechada y a pesar de ser un producto degradado este no siempre se dispone en el medio ambiente porque genera la proliferación de carroñeros y moscas.

Se destaca el poco aprovechamiento de ambas materias primas que se encuentra disponible en gran cantidad en la naturaleza y la cuales no se les da su correcto uso.

Por otro lado, la utilización de morteros hechos con cemento representa un alto precio y por ende un problema para las personas con una economía insuficiente que no pueden acceder a ella. Y por si esto fuera poco se estima que el 5% del total de la emisión de CO₂ en todo el mundo es debido a la producción del cemento, y este es un porcentaje que en los próximos años no solamente se sostendrá, sino que se aumentará de acuerdo a como se activen las economías nacientes asiáticas.

Así mismo la baja resistencia a la compresión que ofrecen los elementos estructurales es una desventaja en las obras de edificación.

Es por ello que en la búsqueda de nuevas tecnologías conservadoras y tratando de contrarrestar uno de los tantos problemas del mundo planteamos el proyecto en mención.

A continuación, se hablará sobre cómo se ha venido desarrollando el tema de adición de nuevos componentes en las mezclas de mortero a través de la historia.

A nivel internacional

En la última década, la utilización de fibras como reforzamiento del hormigón ha logrado un apogeo significativo en los diseños y la elaboración de la mezcla. No obstante, no nos referimos a un método nuevo en el ámbito de la ingeniería; sino que, nos retrocedemos a bastantes años previamente del descubrimiento del cemento Portland y el hormigón, donde se empleaban materias como hilo, pasto, vara, e incluso pelo de animal, y estos fueron tomados en cuenta como agregados del adobe con el objetivo de impedir la formación de fisuras y optimizar la resistencia a tracción. Sin embargo, el desarrollo tecnológico de la Industria de la construcción ha posibilitado perfeccionar fibras de distintos elementos, los cuales son fundamentalmente resistentes a los álcalis.

El rol principal de las fibras está ligado a:

1. Disminuir el agrietamiento debido al asentamiento (revenimiento)
2. Disminuir el agrietamiento debido a la contracción plástica

3. Reducir la permeabilidad
4. Aumentar en la resistencia al impacto y abrasión



Figura 1. Línea de tiempo de la evolución de los concretos reforzados con fibras. (CONSTRUCCION Y TECNOLOGIA EN CONCRETO,2015)

A nivel nacional

De la misma forma que la gran parte de países en camino de desarrollo, Perú es un país que posee una numerosa fabricación de fibras naturales. Así mismo, posee similares problemas de deficiencia de infraestructura y de viviendas que son demandados por la población. El plan de Mg. Gaby Ruiz, propone pulverizar las conchas y utilizarlas como agregado en la producción del concreto, grandemente utilizado hoy en día en la edificación. Ella y su grupo de trabajo de la Universidad de Piura desarrollaron dicho plan gracias a un significativo financiamiento de s/. 372, 412 donado por Cienciaactiva y la Universidad de Piura. Las conchas se componen por amontonamiento de sustancias que cuidan a los moluscos. Químicamente es carbonato de calcio (CaCO_3) y tiene una gran dureza. A medida que los moluscos perecen, estas conchas se suelen amontonar en el fondo del mar y con el paso del tiempo se endurecen, convirtiéndose en rocas. Por su alto contenido en carbonato de calcio, dichas conchas se pueden equiparar con rocas calcáreas.

A nivel local

En Chimbote en los últimos años ha habido un gran interés en el concreto y mortero reforzado con fibras y actualmente se llevan a cabo numerosas investigaciones sobre el tema en la Universidad San Pedro (USP). Se utilizan fibras naturales y vegetales.

Varios experimentos han mostrado que la adición o sustitución por tales fibras en cantidades convenientes a concretos convencionales pueden mejorar apreciablemente sus características.

Formulación del problema

¿Cuál será la resistencia a la compresión del mortero sustituyendo al cemento por la combinación de polvo de concha de abanico y ceniza de cola de caballo en 10% y 15%?

Conceptuación y Operacionalización de las Variables

Proceso de operacionalización de variables

Por su grado de relación

-Variable dependiente

Tabla 8

Variable dependiente

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	MEDICIÓN
Resistencia a la compresión del mortero.	Es la capacidad para resistir una carga por unidad de área, y se calcula en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm ² , MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi) (Osorio J., 2013).	Se medió a través del ensayo a la compresión del mortero.	Kg/cm ²

Fuente: Elaboración del autor

-Variable independiente

Tabla 9

Variable independiente

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	MEDICIÓN
Dosificación de polvo de concha de abanico y ceniza de cola de caballo.	Procedimiento empírico, y aunque hay muchas propiedades importantes del mortero, la mayor parte de procedimientos de diseño están basados en conseguir una resistencia a compresión a una edad establecida así como la trabajabilidad apropiada en un tiempo establecido, también se debe diseñar para unas propiedades que el mortero debe lograr cuando la estructura sea puesta en servicio (Osorio J., 2013).	Se sustituyó el cemento por la combinación de polvo de concha de abanico y ceniza de cola de caballo en 10% y 15% para evaluar su resistencia a la compresión.	% en peso

Fuente: Elaboración del autor

Hipótesis

La sustitución parcial del cemento por la combinación de polvo de concha de abanico proveniente de Chimbote y ceniza de cola de caballo obtenida de Santa, en un 10% (polvo de concha de abanico en 7.5% y ceniza de cola de caballo en 2.5%) y 15% (polvo de concha de abanico en 11.25% y ceniza de cola de caballo en 3.75%), mejoraría la resistencia de un mortero convencional.

Objetivos

Objetivo general

Determinar la resistencia a la compresión del mortero sustituyendo al cemento por la combinación de polvo de concha de abanico, proveniente de Chimbote, y ceniza de cola de caballo, obtenida de Santa, en un 10% (polvo de concha de abanico en 7.5% y ceniza de cola de caballo en 2.5%) y 15% (polvo de concha de abanico en 11.25% y ceniza de cola de caballo en 3.75%), en la proporción 3:1.

Objetivos específicos

Determinar la temperatura de calcinación de la concha de abanico y la cola de caballo según el análisis térmico diferencial (DTA).

Determinar la composición química del polvo de concha de abanico y la ceniza de cola de caballo mediante el análisis de fluorescencia de rayos x (FRX).

Determinar el grado de alcalinidad (PH) del polvo de concha de abanico, ceniza de cola de caballo y la combinación de ambos con el cemento.

Determinar el peso específico del polvo de concha de abanico, ceniza de cola de caballo y la combinación de ambos con el cemento.

Determinar la resistencia a compresión de los morteros patrones y experimentales a los 3, 7 y 28 días de curado y comparar los resultados estadísticamente.

II. METODOLOGÍA

Tipo de Investigación

Aplicada, pues tomando como base el desarrollo del conocimiento los resultados obtenidos sirven para dar una solución inmediata a un problema relacionado a la construcción ayudando a mejorar la resistencia del mortero.

Cuantitativa, ya que recoge y analiza los datos a través de los conceptos y variables obteniendo así el modelo más adecuado que nos brinde una respuesta imparcial y objetiva a nuestra hipótesis planteada.

Explicativa, porque trata como influye la resistencia a la compresión del mortero al sustituir un porcentaje del cemento por las materias primas anteriormente mencionadas.

Diseño de Investigación

A esta investigación le corresponde un diseño experimental de nivel cuasi - experimental porque busca innovar, transformar y crear un nuevo tipo de mortero resistente a la compresión a través de la manipulación de la variable independiente.

Nuestra variable independiente (polvo de concha de abanico (PCA) y ceniza de cola de caballo (CCC)) sufre un cambio que consiste en sustituir el cemento en un 10% y 15%, por la combinación de PCA en 7.5% y 11.25%, y CCC en 2.5% y 3.75% respectivamente, en donde se quiere determinar cuál es el resultado de la resistencia a la compresión en comparación a un mortero no modificado (mortero patrón) para lo cual se aplicarán los ensayos anteriormente señalados.

El diseño de investigación es bloque completo al azar, siendo el esquema de dicho diseño de investigación el mostrado a continuación:

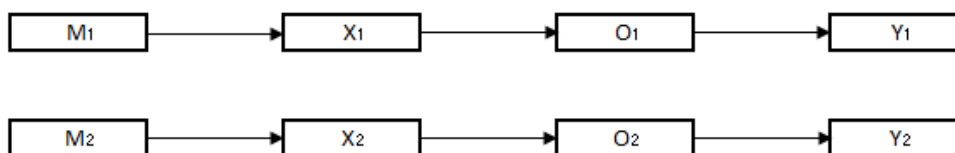


Figura 2. Esquema del diseño de investigación

Donde:

M₁: Grupo control: Muestra de cubos de mortero sin modificación.

M₂: Grupo experimental: Muestra de cubos de mortero modificados al sustituir el cemento en un 10% y 15%, por la combinación de PCA en 7.5% y 11.25%, y CCC en 2.5% y 3.75% respectivamente.

X₁: Variable independiente: Dosificaciones del mortero sin modificación.

X₂: Variable independiente: Dosificaciones del mortero al sustituir el cemento en un 10% y 15%, por la combinación de PCA en 7.5% y 11.25%, y CCC en 2.5% y 3.75% respectivamente.

O₁: Resultados (observaciones) posibles a obtener en morteros no modificados.

O₂: Resultados (observaciones) posibles a obtener en morteros al sustituir el cemento en un 10% y 15%, por la combinación de PCA en 7.5% y 11.25%, y CCC en 2.5% y 3.75% respectivamente.

Y₁: Variable dependiente: Resistencia a la compresión del mortero sin modificación.

Y₂: Variable dependiente: Resistencia a la compresión del mortero al sustituir el cemento en un 10% y 15%, por la combinación de PCA en 7.5% y 11.25%, y CCC en 2.5% y 3.75% respectivamente.

Materiales

Los residuos de concha de abanico se colectaron del mercado de peces “La Sirena” localizado en Chimbote en el mes de enero del 2020.

La cola de caballo usada en esta investigación fue recolectada en Santa, cerca de Huaca Choloque, en el mes de enero del 2020.

La arena gruesa fue extraída de la cantera vesique en el mes de enero del 2020.

Métodos Experimentales

Preparación de las muestras

Con respecto a la concha de abanico, la limpieza dio inicio con la eliminación de los restos orgánicos utilizando un cuchillo, los residuos de algas y arena pegadas en la capa externa fueron removidos con ayuda de una escobilla nueva y lavado en agua potable. Para secar la concha de abanico se extendió al sol durante 48 horas. Luego para su molienda se utilizó un batán.

Para la cola de caballo se procedió de la siguiente manera. Se separó las hojas de los tallos, se lavó en agua potable para eliminar cualquier suciedad o impureza y luego

para eliminar alguna posible humedad se extendió al sol durante 48 horas. Posteriormente para su molienda se utilizó un batán.

Referente al agregado fino (arena gruesa), todo el material obtenido de la cantera vesique fue previamente sometido a varios cuarteos hasta reducir el tamaño del material a la cantidad deseada y luego se le aplicaron los ensayos respectivos de granulometría, gradación, etc.

Activación térmica y mecánica de los materiales.

La activación térmica de la concha de abanico se realizó por calcinación a una temperatura de 890 °C según el resultado conseguido en el análisis térmico diferencial (DTA) y durante 2 horas siguiendo el antecedente de Zapata, W. (2018). Para reducir el tamaño del grano producido por la calcinación, la concha activada fue sometida a una activación mecánica por molienda hasta pasar la malla N° 200 (75µm).

La cola de caballo ya estando seca, fue pre calcinada a cielo abierto en una olla de barro montada encima de otra para garantizar un incremento de temperatura lento y gradual con el objetivo de eliminar el carbono y luego se calcinó a una temperatura de 390 °C según los valores obtenidos en el análisis térmico diferencial (DTA) y durante 2 horas siguiendo el antecedente de Ibañez D., (2018). Para reducir el tamaño del grano producido por la calcinación, la ceniza de cola de caballo fue sometida a una activación mecánica por molienda hasta pasar la malla N° 200 (75µm).

Ensayo utilizado para la caracterización de la muestra.

Para determinar la composición química de la muestra de polvo de concha de abanico y ceniza de cola de caballo se realizó el ensayo de fluorescencia de rayos x (FRX).

Pérdida de masa de los materiales

En la Tabla 8 se detalla la pérdida de masa de los residuos de concha de abanico (RCA) y la hoja de cola de caballo (HCC) a lo largo de las etapas por las cuales pasaron antes de convertirse en el tipo de material deseado.

Tabla 10*Pérdida de masa de concha de abanico y cola de caballo*

Material	Proceso	Masa (gr.)	Pérdida parcial (%)	Pérdida total (%)
RCA	Muestra seca sin calcinar	1012	0.00	
	Calcinación a 890 °C	658	34.98	56.92
	Tamizado por malla #200	436	21.94	
HCC	Muestra seca sin calcinar	981	0.00	
	Pre-calcinación al aire libre	406	58.61	
	Calcinación a 390 °C	326	8.16	75.33
	Tamizado por malla #200	242	8.56	

Fuente: Elaboración del autor

De la Tabla 10 deducimos que la concha de abanico pierde aproximadamente la mitad de su masa inicial antes de la obtención del tipo de muestra con la que se desea trabajar, lo cual puede considerarse una pérdida aceptable. En cuanto a la cola de caballo solo conserva un cuarto de su masa inicial lo cual demanda mayor cantidad de material para proyectos de mayor envergadura.

Técnicas e Instrumentos de Investigación

Tabla 11*Técnicas e instrumentos de investigación*

Técnicas de Recolección de Información	Instrumento	Ámbito del Trabajo
Observación científica	✓ Guía de observación y resumen ✓ Manuales de las pruebas de laboratorio	<u>Grupo Control:</u> Muestras de cubos de mortero no modificados. <u>Grupo Experimental:</u> Muestra de cubos de mortero modificadas

Fuente: Elaboración del autor

Al ser un trabajo de investigación con un Nivel de Investigación Cuasi Experimental y que se realizaron pruebas en las muestras en diversos laboratorios se decidió utilizar como técnica de investigación la observación científica y la guía de observación como instrumento, donde se tuvo que ir comparando los cambios de resistencia hasta llegar a su fraguado final y se analizó como actuaron los materiales sustituidos ya sea para morteros no modificados o modificados con PCA y CCC, los cuales nos brindaron una resistencia para el mortero modificado y no modificado. Teniendo en cuenta que los materiales requeridos en nuestro diseño necesitaron ser evaluados por una gran cantidad de ensayos los cuales determinaron si los materiales son favorables o no para nuestra mezcla a utilizar los Instrumentos fueron escogidos de acuerdo a los ensayos siguientes:

- Ensayo del agregado fino
- Ensayo de fluidez y elaboración de cubos de mortero
- Ensayo de resistencia a la compresión de cubos de mortero

Se tuvo en cuenta la siguiente:

- La Guía de Registro elaborado por el autor e investigador para ver el progreso de la resistencia de los morteros se tomó en las edades de 3, 7 y 28 días.
- Para el cálculo y evaluación de las respuestas obtenidas en el laboratorio nos apoyamos con software.
- En las pruebas realizadas pudimos contar con personal experto de laboratorio.
- Se emplearon artefactos como cámara de fotos y otros instrumentos que permitieron anotar y servir de evidencia en el presente proyecto de investigación.

Validez

Para la validez de la guía de observaciones se ha consultado a personas entendidas del tema de estudio, solicitando su crítica y apreciación.

Se verificó si la guía de observación es aceptable ya que esto nos permitió considerar si las variables que se está utilizando son favorables; de no ser así, se realizarían las correcciones pertinentes hasta lograr una guía de observación aceptable, la cual los ingenieros darían por revisada y aprobada para la ejecución del proyecto.

III. RESULTADOS

Temperatura de Calcinación de la Concha de Abanico

El material molido pasado por la malla N° 200 (75µm) fue sometido a un análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ Análisis térmico diferencial DTA y un análisis termo gravimétrico TGA en el laboratorio de polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo. El equipo utilizado fue un analizador térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600° C SetSys_Evolution. Los resultados se muestran en la Figura 3 y Figura 4.

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

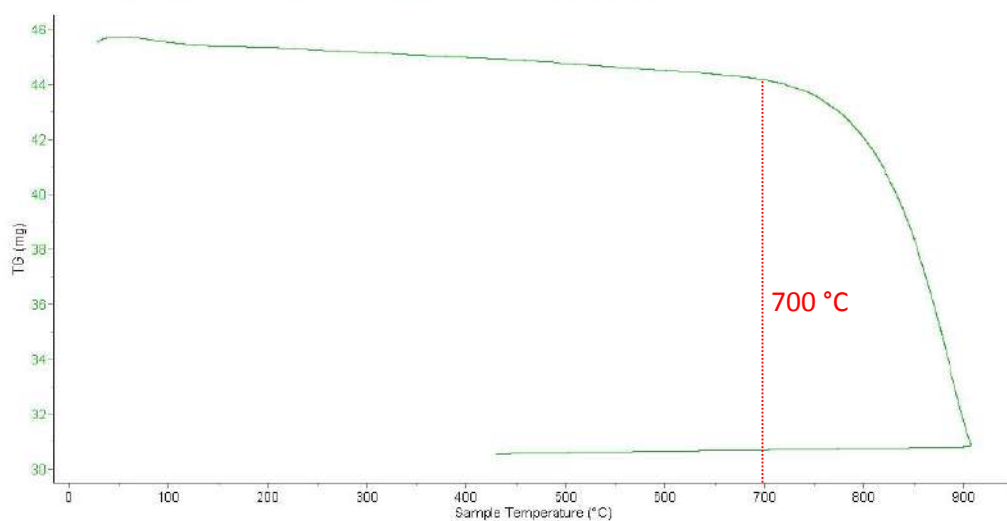


Figura 3. Curva de pérdida de masa de concha de abanico – Análisis Termo gravimétrico

II- Curva Calorimétrica ATD

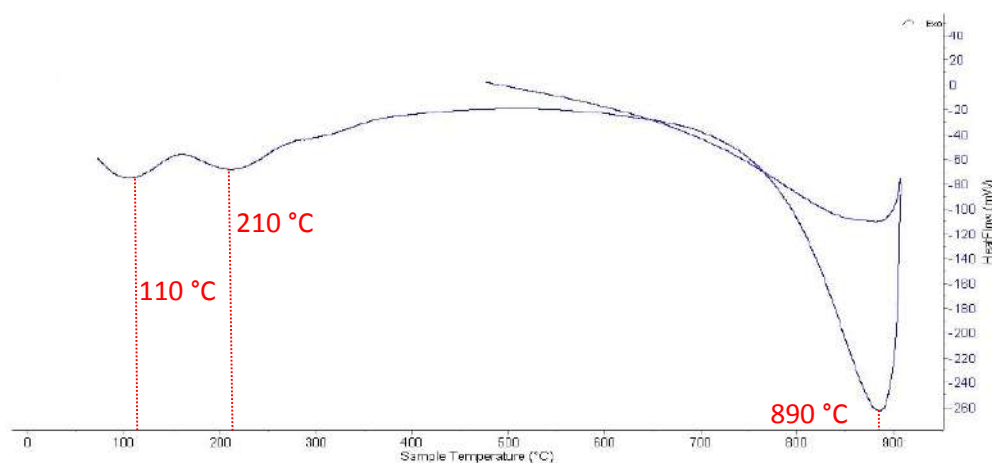


Figura 4. Curva Calorimétrica de concha de abanico - DSC

Temperatura de Calcinación de la Cola de Caballo

El material molido pasado por la malla N° 200 (75µm) fue sometido a un análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ Análisis térmico diferencial DTA y un análisis termo gravimétrico TGA en el laboratorio de polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo. El equipo utilizado fue un analizador térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600° C SetSys_Evolution. Los resultados se muestran en la Figura 5 y Figura 6.

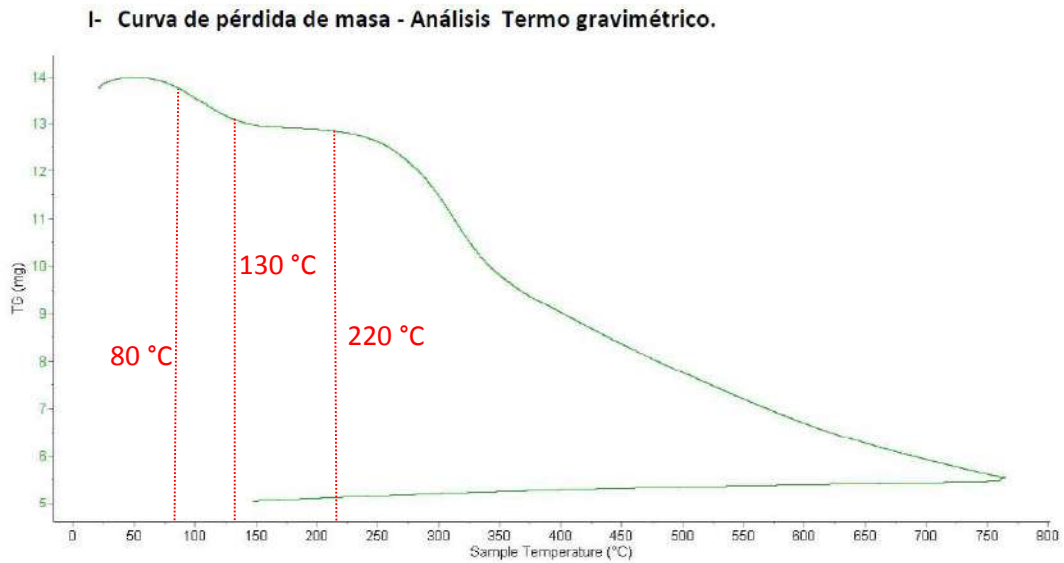


Figura 5. Curva de pérdida de masa de cola de caballo – Análisis Termo gravimétrico

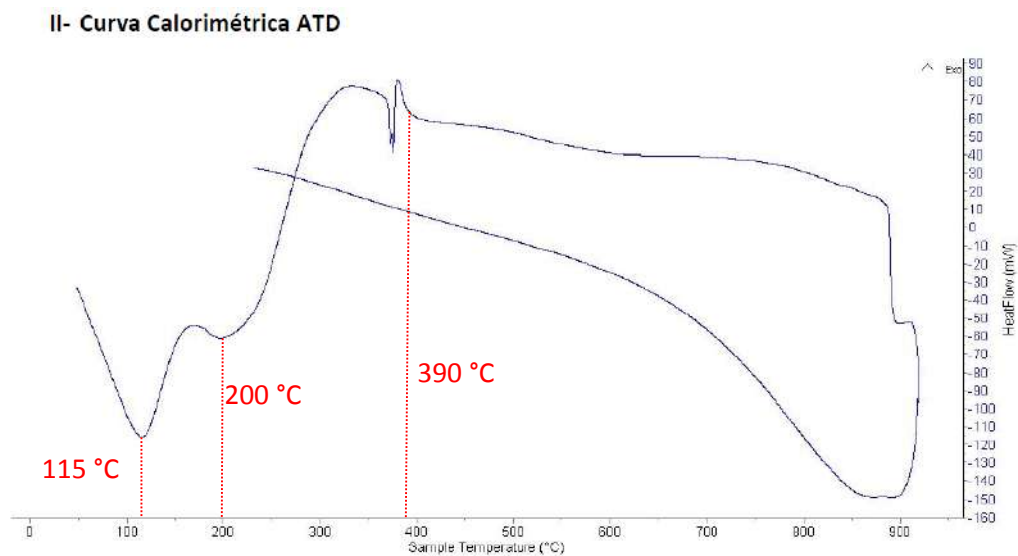


Figura 6. Curva Calorimétrica de cola de caballo - DSC

Caracterización del agregado fino (arena gruesa)

La arena obtenida de la cantera vesique fue sometida a diversos ensayos para su caracterización en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro. Los resultados se muestran en la Tabla 12, Tabla 13, Tabla 14 y Tabla 15.

Tabla 12

Contenido de humedad del agregado fino

Ensayo N°	01	02	03
Tara + Suelo Húmedo (gr)	903	944	926.5
Tara + Suelo Seco (gr)	899	940	922
Peso del agua (gr)	4	4	4.5
Peso de la tara (gr)	169.5	209	198.5
Peso del suelo seco (gr)	729.5	731	723.5
Contenido de humedad (%)	0.55	0.55	0.62
Promedio del Contenido de humedad (%)		0.57	

Fuente: Elaboración del autor

Tabla 13

Peso unitario suelto del agregado fino

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra (gr)	7771	7778.5	7758.5
Peso de molde (gr)	3300	3300	3300
Peso de muestra (gr)	4471	4478.5	4458.5
Volumen de molde (cm ³)	2750	2750	2750
Peso unitario (kg/m ³)	1626	1629	1621
Peso unitario promedio (kg/m ³)		1625	
Peso unitario seco (kg/m ³)		1616	

Fuente: Elaboración del autor

Tabla 14*Peso unitario compactado del agregado fino*

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra (gr)	8088	8063	8059
Peso de molde (gr)	3300	3300	3300
Peso de muestra (gr)	4788	4763	4759
Volumen de molde (cm ³)	2750	2750	2750
Peso unitario (kg/m ³)	1741	1732	1731
Peso unitario promedio (kg/m ³)		1735	
Peso unitario seco (kg/m ³)		1725	

Fuente: Elaboración del autor

Tabla 15*Gravedad específica y absorción del agregado fino*

Ensayo N°		01	02
A	Peso de material saturado superficialmente seco [aire] (gr)	500	500
B	Peso de picnómetro + agua (gr)	665	665
C	[A+B] (gr)	1165	1165
D	Peso de picnómetro + agua + material (gr)	968	973
E	Volumen de masa + volumen de vacíos [C-D] (cm ³)	197	192
F	Peso de material seco en estufa (gr)	494.5	495.5
G	Volumen de masa [E-(A-F)] (cm ³)	191.5	187.5
	P.e. Bulk [Base seca] [F/E] (gr/cm ³)	2.51	2.58
H	P.e. Bulk promedio [Base seca] (gr/cm ³)	2.55	
	P.e. Bulk [Base saturada] [A/E] (gr/cm ³)	2.54	2.60
I	P.e. Bulk promedio [Base saturada] (gr/cm ³)	2.57	
	P.e. Aparente [Base seca] [F/G] (gr/cm ³)	2.58	2.64
J	P.e. Aparente promedio [Base seca] (gr/cm ³)	2.61	
	Absorción [(A-F)/F]*100 (%)	1.11	0.91
K	Absorción promedio [(A-F)/F]*100 (%)	1.01	

Fuente: Elaboración del autor

Granulometría del Agregado Fino

La arena gruesa traída de la cantera de Vesique fue sometida a un análisis granulométrico en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro. Los resultados se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16

Granulometría del agregado fino

Tamiz		Peso retenido	% ret. parcial	% ret. acum.	% que pasa
N°	Abert. (mm)	(gr.)	(%)	(%)	(%)
4	4.76	12	1.9	1.9	98.1
8	2.36	64	9.9	11.7	88.3
16	1.18	121	18.7	30.4	69.6
30	0.6	137	21.1	51.5	48.5
50	0.3	144	22.2	73.8	26.2
100	0.15	119	18.4	92.1	7.9
200	0.08	37	5.7	97.8	2.2
	PLATO	14	2.2	100.0	0.0
	TOTAL	648	100.0		

Módulo de Fineza: 2.61

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

Propuesta de Granulometría del Agregado Fino para Elaboración de Morteros

Para la arena graduada se propuso la granulometría considerando los parámetros normativos relacionados a la arena natural. Dicha granulometría se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17

Propuesta para granulometría del agregado fino

Tamiz		Peso retenido	% ret. parcial	% ret. acum.	% que pasa
N°	Abert. (mm)	(gr.)	(%)	(%)	(%)
4	4.76	0	0	0	100
8	2.36	27	3.9	3.9	96.1
16	1.18	123	17.9	21.8	78.2
30	0.6	192	27.9	49.7	50.3
50	0.3	137	19.9	69.6	30.3
100	0.15	161	23.4	93.0	6.9
200	0.08	35	5.1	98.0	1.8
	PLATO	12.5	1.8	100.0	0.0
	TOTAL	687.5	100.0		

Módulo de Fineza: 2.39

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

Composición Química del Polvo de Concha de Abanico

El material calcinado a una temperatura de 890 °C por 2 horas, fue sometido a un análisis de Fluorescencia de Rayos X en el Laboratorio LABICER de la Universidad Nacional de Ingeniería. El equipo utilizado fue un Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X. SHIMADZU, EDX 800HS. Los resultados se muestran en la Tabla 18.

Tabla 18

Composición química del polvo de concha de abanico

Compuesto	Resultado (%)	Método utilizado
Óxido de calcio, CaO	99.56	
Óxido de estroncio, SrO	0.37	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X
Óxido de azufre, SO ₃	0.07	

Fuente: Laboratorio LABICER.

Composición Química de la Ceniza de Cola de Caballo

El material calcinado a cielo abierto fue sometido a un análisis de Fluorescencia de Rayos X en el Laboratorio LABICER de la Universidad Nacional de Ingeniería. El equipo utilizado fue un Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X. SHIMADZU, EDX 800HS. Los resultados se muestran en la Tabla 19.

Tabla 19

Composición química de la ceniza de cola de caballo

Compuesto	Resultado (%)	Método Utilizado
Óxido de silicio, SiO ₂	52.73	
Óxido de potasio, K ₂ O	15.58	
Óxido de calcio, CaO	15.37	
Óxido de magnesio, MgO	10.67	
Óxido de aluminio, Al ₂ O ₃	2.72	
Óxido de azufre, SO ₃	1.20	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X
Óxido de fósforo, P ₂ O ₅	1.17	
Óxido de hierro, Fe ₂ O ₃	0.45	
Óxido de estroncio, SrO	0.07	
Óxido de zinc, ZnO	0.03	
Bromuro, Br-	0.01	

Fuente: Laboratorio LABICER.

Potencial de Hidrógeno (pH)

El pH del cemento Portland Tipo I es un valor estandarizado y se muestra en la Tabla 20. Las materias primas (PCA y CCC) solas y combinadas con el cemento en diferentes porcentajes ya estando activadas fueron sometidas a un análisis de pH en el laboratorio físico químico COLECBI en donde fueron sometidas a un método potenciométrico. Los resultados se muestran en la Tabla 21.

Tabla 20

pH del Cemento Portland Tipo I

Muestras	Ensayo (pH)
Cemento Portland Tipo I	13.50

Fuente: Tesis Resistencia de mortero sustituyendo al cemento por la combinación de 12% de polvo de concha de coquina y 36% de cenizas de cola de caballo. (Ibañez, D., 2018, p.83).

Tabla 21

pH del polvo de concha de abanico, ceniza de cola de caballo y la combinación de ambos con el cemento al 10% y 15%

Muestras	Ensayo (pH)
Polvo de concha de abanico	12.80
Ceniza de cola de caballo	9.86
Cemento sustituido en 10%, por polvo de concha de abanico en 7.5% y ceniza de cola de caballo en 2.5%	12.36
Cemento sustituido en 15%, por polvo de concha de abanico en 11.25% y ceniza de cola de caballo en 3.75%	12.81

Fuente: Laboratorio COLECBI

Peso Específico de materias primas y sus combinaciones con el cemento

Se realizó el ensayo del peso específico para el polvo de concha de abanico, ceniza de cola de caballo y su combinación de ambas con el cemento al 10% y 15% con ayuda del frasco Le Chatelier. Los resultados se muestran en la Tabla 22, Tabla 23, Tabla 24 y Tabla 25.

Tabla 22

Peso específico del polvo de concha de abanico

Prueba N° 01	Valores
Lectura inicial (ml)	0.00
Lectura final (ml)	21.50
Peso de muestra (gr)	64.00
Volumen desplazado (ml)	21.50
Peso específico relativo	2.98

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

Tabla 23

Peso específico la ceniza de cola de caballo

Prueba N° 01	Valores
Lectura inicial (ml)	0.00
Lectura final (ml)	27.00
Peso de muestra (gr)	64.00
Volumen desplazado (ml)	27.00
Peso específico relativo	2.37

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP

Tabla 24

Peso específico del cemento sustituido en 10%, por polvo de concha de abanico en 7.5% y ceniza de cola de caballo en 2.5%

Prueba N° 01	Valores
Lectura inicial (ml)	0.00
Lectura final (ml)	20.10
Peso de muestra (gr)	64.00
Volumen desplazado (ml)	20.10
Peso específico relativo	3.18

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

Tabla 25

Peso específico del cemento sustituido en 15%, por polvo de concha de abanico en 11.25% y ceniza de cola de caballo en 3.75%

Prueba N° 01	Valores
Lectura inicial (ml)	0.00
Lectura final (ml)	20.70
Peso de muestra (gr)	64.00
Volumen desplazado (ml)	20.70
Peso específico relativo	3.09

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP

Fluidez de mortero patrón y experimental

Se llevó a cabo el ensayo de fluidez tanto para el mortero patrón como para los experimentales con cemento sustituido en 10% y 15%, con ayuda de la mesa de flujo. La dosificación utilizada se muestra en la Tabla 26, Tabla 27 y Tabla 28 y los resultados obtenidos se observan en la Tabla 29.

Tabla 26

Dosificación de materiales para el ensayo de fluidez en mortero patrón

Descripción	Relación		Cemento (gr)	Arena (gr)	Agua (ml)
	Arena/Cemento	Agua/Cemento			
Patrón	2.75	0.484	155	426.30	75

Fuente: Elaboración del autor

Tabla 27

Dosificación de materiales para el ensayo de fluidez en mortero experimental sustituyendo al cemento en 10%

Descripción	Relación		Cemento (gr)	Arena (gr)	PCA (gr)	CCC (gr)	Agua
	Are/Cem	Agua/Cem					
Exp. (10%)	2.75	0.510	139	426.3	12	4	79

Fuente: Elaboración del autor

Tabla 28

Dosificación de materiales para el ensayo de fluidez en mortero experimental sustituyendo al cemento en 15%

Descripción	Relación		Cemento (gr)	Arena (gr)	PCA (gr)	CCC (gr)	Agua
	Are/Cem	Agua/Cem					
Exp. (15%)	2.75	0.523	132	426.3	17	6	81

Fuente: Elaboración del autor

Tabla 29*Fluidez del mortero patrón y experimental*

Descrip.	a/c	Do (cm)	Diámetros (cm)				Dprom (cm)	% fluidez
			d1	d2	d3	d4		
Patrón	0.484	10.16	12.20	12.10	11.90	12.20	12.10	19.09
Exp.(10%)	0.510	10.16	12.20	12.00	12.30	12.00	12.13	19.34
Exp.(15%)	0.523	10.16	12.00	12.20	12.10	12.30	12.15	19.59

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP

Elaboración de morteros patrones y experimentales

Se diseñó y elaboró los morteros según lo indicado en la norma del MTC E 609. En la Tabla 30 se muestra la dosificación para el mortero patrón y en la Tabla 31 se muestra la dosificación para los morteros experimentales al 10% y 15% de sustitución. Ambas dosificaciones son para elaboración de 3 cubos de mortero.

Tabla 30*Dosificación de materiales para elaboración de mortero patrón*

Descripción	Relación		Cemento (gr)	Arena (gr)	Agua (ml)
	Arena/Cemento	Agua/Cemento			
Patrón	2.75	0.484	250	687.50	121

Fuente: Elaboración del autor

Tabla 31*Dosificación de materiales para elaboración de mortero experimental sustituyendo al cemento en 10% y 15%*

Descripción	Relación		Cemento (gr)	Arena (gr)	PCA (gr)	CCC (gr)	Agua
	Are/Cem	Agua/Cem					
Exp. (10%)	2.75	0.510	225.0	687.5	18.8	6.3	127.5
Exp (15%)	2.75	0.523	212.5	687.5	28.1	9.4	130.8

Fuente: Elaboración del autor

Pesos de morteros patrones y experimentales

Se calculó los pesos de los morteros antes y después del proceso de curado durante 3, 7 y 28 días tanto para el mortero patrón como para los experimentales. Dicha información se muestra en la Tabla 32, Tabla 33 y Tabla 34. Luego en la Figura 7, Figura 8 y Figura 9 se muestra esta información de una forma comparativa.

Tabla 32

Pesos inicial y final de mortero patrón

Descripción	Edad	Peso inicial (gr)	Peso inicial promedio (gr)	Dispersión inicial (%)	Peso final (gr)	Peso final promedio (gr)	Dispersión final (%)	% de aumento
P1-3		276		0.0%	280.7		0.1%	
P2-3	3 días	276	276.0	0.0%	280.3	280.3	0.0%	1.57%
P3-3		276		0.0%	280.0		0.1%	
P1-7		273		0.5%	277.6		0.3%	
P2-7	7 días	275	274.3	0.2%	279.1	278.6	0.2%	1.54%
P3-7		275		0.2%	279.0		0.2%	
P1-28		277		0.2%	282.0		0.0%	
P2-28	28 días	279	277.7	0.5%	282.9	282.1	0.3%	1.58%
P3-28		277		0.2%	281.3		0.3%	

Fuente: Elaboración del autor

Tabla 33*Pesos inicial y final de mortero experimental con cemento sustituido en un 10%*

Descripción	Edad	Peso inicial (gr)	Peso inicial promedio (gr)	Dispersión inicial (%)	Peso final (gr)	Peso final promedio (gr)	Dispersión final (%)	% de aumento
E1-3 (10%)		300		0.4%	305.3		0.6%	
E2-3 (10%)	3 días	299	298.7	0.1%	303.7	303.6	0.0%	1.65%
E4-3 (10%)		297		0.6%	301.8		0.6%	
E1-7 (10%)		297		0.4%	300.5		0.5%	
E2-7 (10%)	7 días	299	298.3	0.2%	302.8	302.1	0.2%	1.26%
E3-7 (10%)		299		0.2%	303.0		0.3%	
E1-28 (10%)		301		0.2%	304.4		0.3%	
E2-28 (10%)	28 días	303	301.7	0.4%	306.7	305.4	0.4%	1.25%
E3-28 (10%)		301		0.2%	305.2		0.1%	

Fuente: Elaboración del autor

Tabla 34*Pesos inicial y final de mortero experimental con cemento sustituido en un 15%*

Descripción	Edad	Peso inicial (gr)	Peso inicial promedio (gr)	Dispersión inicial (%)	Peso final (gr)	Peso final promedio (gr)	Dispersión final (%)	% de aumento
E1-3 (15%)		298		0.6%	302.6		0.6%	
E4-3 (15%)	3 días	295	296.3	0.4%	298.8	300.8	0.7%	1.51%
E5-3 (15%)		296		0.1%	301.0		0.1%	
E1-7 (15%)		295		0.3%	299.5		0.2%	
E2-7 (15%)	7 días	298	296.0	0.7%	301.8	300.1	0.6%	1.37%
E3-7 (15%)		295		0.3%	298.9		0.4%	
E1-28 (15%)		297		0.4%	301.1		0.5%	
E2-28 (15%)	28 días	299	298.3	0.2%	303.0	302.7	0.1%	1.47%
E3-28 (15%)		299		0.2%	304.1		0.5%	

Fuente: Elaboración del autor

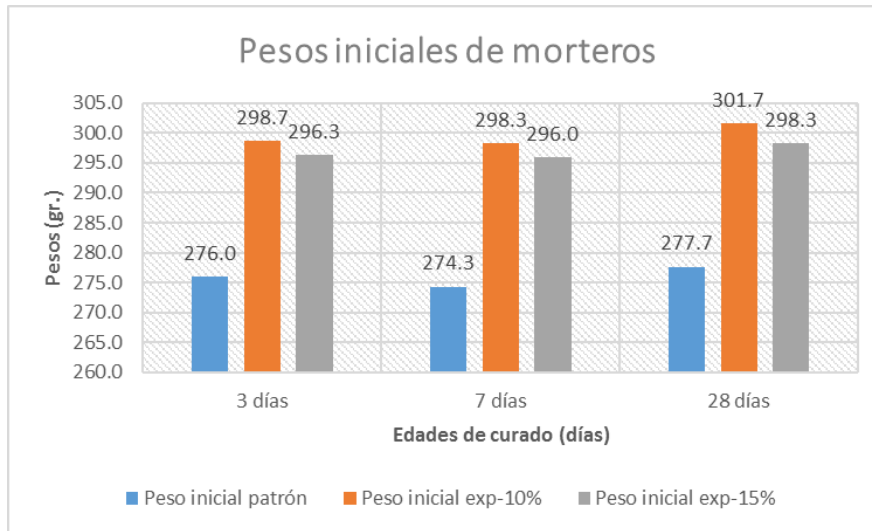


Figura 7. Pesos iniciales de morteros patrón y experimental

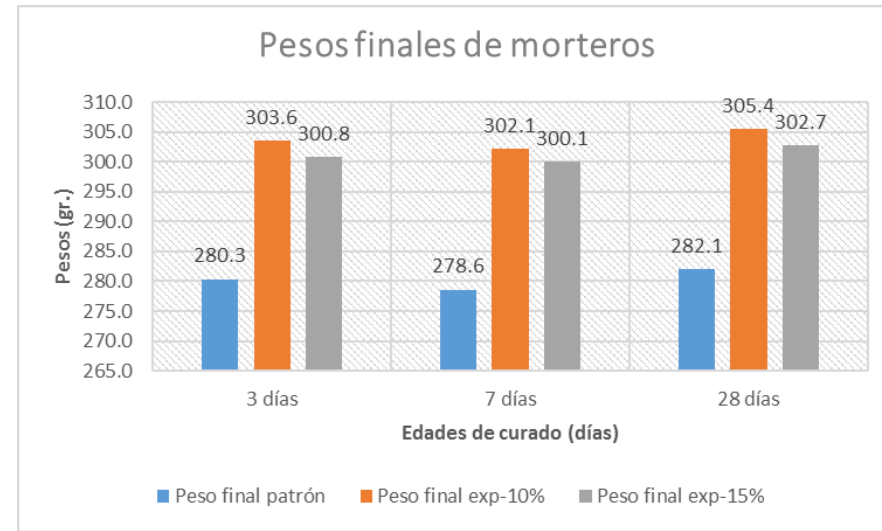


Figura 8. Pesos finales de morteros patrón y experimental

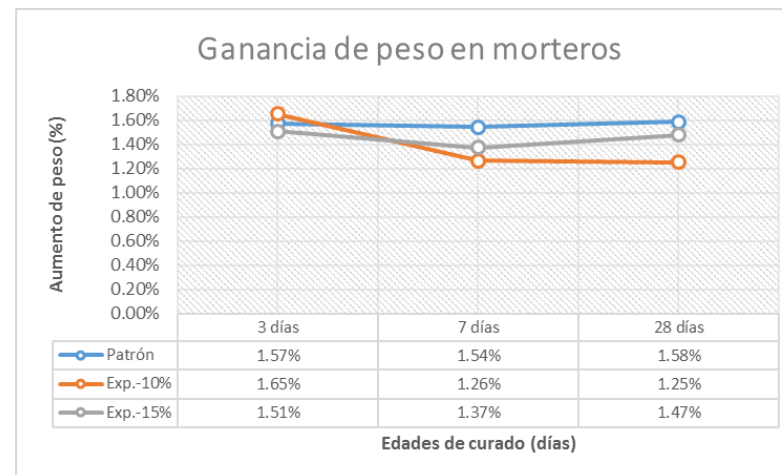


Figura 9. Aumento de peso después del curado en morteros patrón y experimental

Peso específico de morteros patrones y experimentales

Se determinó los pesos específicos de los morteros antes y después del proceso de curado durante 3, 7 y 28 días tanto para el mortero patrón como para los experimentales. Dicha información se muestra en la Tabla 35, Tabla 36, Tabla 37, Tabla 38, Tabla 39 y Tabla 40. Luego en la Figura 10 y Figura 11 se muestra esta información de una forma comparativa.

Tabla 35

Peso específico antes del curado de mortero patrón

Descripción	Edad	Altura (cm)	Área (cm²)	Peso inicial (gr)	Volumen (cm³)	Peso específico (gr/cm³)	P.E. promedio (gr/cm³)
P1-3	3 días	4.97	25.2	276	125.0	2.21	2.21
P2-3		4.98	25.0	276	124.5	2.22	
P3-3		4.97	25.2	276	125.0	2.21	
P1-7	7 días	5.02	25.2	273	126.5	2.16	2.17
P2-7		5.01	25.1	275	125.8	2.19	
P3-7		5.03	25.3	275	127.3	2.16	
P1-28	28 días	5.15	25.2	277	129.8	2.13	2.15
P2-28		5.13	25.2	279	129.3	2.16	
P3-28		5.12	24.9	277	127.7	2.17	

Fuente: Elaboración del autor

Tabla 36*Peso específico antes del curado de mortero experimental con cemento sustituido en 10%*

Descripción	Edad	Altura (cm)	Área (cm²)	Peso inicial (gr)	Volumen (cm³)	Peso específico (gr/cm³)	P.E. promedio (gr/cm³)
E1-3 (10%)		5.25	26.2	300	137.4	2.18	
E2-3 (10%)	3 días	5.25	26.2	299	137.6	2.17	2.17
E4-3 (10%)		5.23	26.4	297	138.2	2.15	
E1-7 (10%)		5.25	26.3	297	138.2	2.15	
E2-7 (10%)	7 días	5.27	26.4	299	139.2	2.15	2.15
E3-7 (10%)		5.26	26.4	299	138.7	2.16	
E1-28 (10%)		5.31	26.3	301	139.5	2.16	
E2-28 (10%)	28 días	5.36	26.4	303	141.6	2.14	2.15
E3-28 (10%)		5.29	26.4	301	139.5	2.16	

Fuente: Elaboración del autor

Tabla 37*Peso específico antes del curado de mortero experimental con cemento sustituido en 15%*

Descripción	Edad	Altura (cm)	Área (cm²)	Peso inicial (gr)	Volumen (cm³)	Peso específico (gr/cm³)	P.E. promedio (gr/cm³)
E1-3 (15%)		5.25	26.2	298	137.4	2.17	
E4-3 (15%)	3 días	5.23	26.8	295	140.3	2.10	2.14
E5-3 (15%)		5.23	26.4	296	137.9	2.15	
E1-7 (15%)		5.25	26.3	295	138.2	2.14	
E2-7 (15%)	7 días	5.27	26.4	298	139.2	2.14	2.14
E3-7 (15%)		5.23	26.3	295	137.6	2.14	
E1-28 (15%)		5.33	26.3	297	140.3	2.12	
E2-28 (15%)	28 días	5.35	26.4	299	141.3	2.12	2.11
E3-28 (15%)		5.36	26.4	299	141.6	2.11	

Fuente: Elaboración del autor

Tabla 38*Peso específico después del curado de mortero patrón*

Descripción	Edad	Altura (cm)	Área (cm²)	Peso final (gr)	Volumen (cm³)	Peso específico (gr/cm³)	P.E. promedio (gr/cm³)
P1-3	3 días	4.97	25.2	280.7	125.0	2.25	2.25
P2-3		4.98	25.0	280.3	124.5	2.25	
P3-3		4.97	25.2	280.0	125.0	2.24	
P1-7	7 días	5.02	25.2	277.6	126.5	2.19	2.20
P2-7		5.01	25.1	279.1	125.8	2.22	
P3-7		5.03	25.3	279.0	127.3	2.19	
P1-28	28 días	5.15	25.2	282.0	129.8	2.17	2.19
P2-28		5.13	25.2	282.9	129.3	2.19	
P3-28		5.12	24.9	281.3	127.7	2.20	

Fuente: Elaboración del autor

Tabla 39*Peso específico después del curado de mortero experimental con cemento sustituido en 10%*

Descripción	Edad	Altura (cm)	Área (cm²)	Peso final (gr)	Volumen (cm³)	Peso específico (gr/cm³)	P.E. promedio (gr/cm³)
E1-3 (10%)	3 días	5.25	26.2	305.3	137.4	2.22	2.20
E2-3 (10%)		5.25	26.2	303.7	137.6	2.21	
E4-3 (10%)		5.23	26.4	301.8	138.2	2.18	
E1-7 (10%)	7 días	5.25	26.3	300.5	138.2	2.17	2.18
E2-7 (10%)		5.27	26.4	302.8	139.2	2.17	
E3-7 (10%)		5.26	26.4	303.0	138.7	2.18	
E1-28 (10%)	28 días	5.31	26.3	304.4	139.5	2.18	2.18
E2-28 (10%)		5.36	26.4	306.7	141.6	2.17	
E3-28 (10%)		5.29	26.4	305.2	139.5	2.19	

Fuente: Elaboración del autor

Tabla 40

Peso específico después del curado de mortero experimental con cemento sustituido en 15%

Descripción	Edad	Altura (cm)	Área (cm ²)	Peso final (gr)	Volumen (cm ³)	Peso específico (gr/cm ³)	P.E. promedio (gr/cm ³)
E1-3 (15%)	3 días	5.25	26.2	302.6	137.4	2.20	2.17
E4-3 (15%)		5.23	26.8	298.8	140.3	2.13	
E5-3 (15%)		5.23	26.4	301.0	137.9	2.18	
E1-7 (15%)	7 días	5.25	26.3	299.5	138.2	2.17	2.17
E2-7 (15%)		5.27	26.4	301.8	139.2	2.17	
E3-7 (15%)		5.23	26.3	298.9	137.6	2.17	
E1-28 (15%)	28 días	5.33	26.3	301.1	140.3	2.15	2.15
E2-28 (15%)		5.35	26.4	303.0	141.3	2.14	
E3-28 (15%)		5.36	26.4	304.1	141.6	2.15	

Fuente: Elaboración del autor

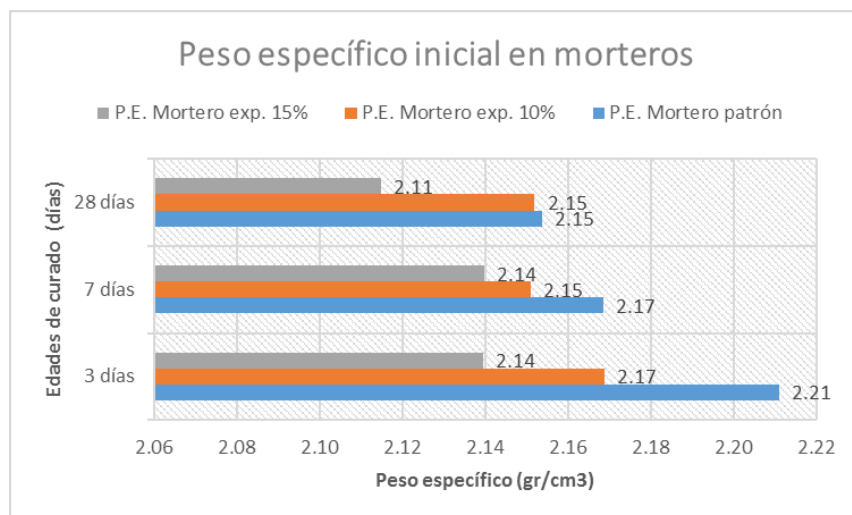


Figura 10. Comparación de peso específico de morteros antes del curado

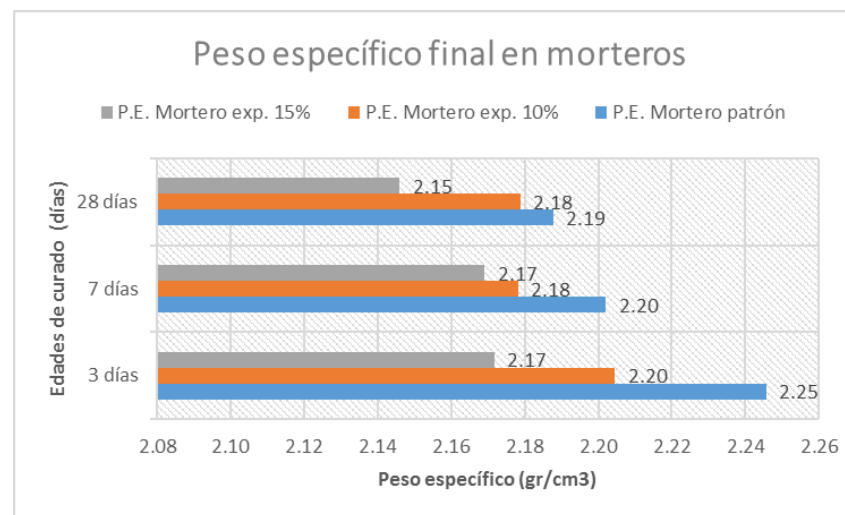


Figura 11. Comparación de peso específico de morteros después del curado

Medidas de dispersión en mortero patrón y experimental

Se estableció las medidas de dispersión tanto para el mortero patrón como para los experimentales y se verificó que estuvieran dentro del rango aceptable. Dicha información se muestra en la Tabla 41, Tabla 42 y Tabla 43.

Tabla 41

Valores de dispersión en el mortero patrón

Descripción	Edad	f _m (kg/cm ²)	f _{m,prom} (kg/cm ²)	Dispersión (%)	V[x] (kg/cm ²) ²	S (kg/cm ²)	C.V. ó 1s% (%)	Rango de aceptación d2s%		Validez
								NTP 334.051	ASTM C 670	
P1-3		257		2.3%						
P2-3	3 días	260	263.6	1.5%	75.7	8.7	3%	10%	11%	Conforme
P3-3		274		3.8%						
P1-7		298		4.4%						
P2-7	7 días	322	311.5	3.5%	156.0	12.5	4%	10%	13%	Conforme
P3-7		315		1.0%						
P1-28		325		1.7%						
P2-28	28 días	327	319.1	2.4%	129.6	11.4	4%	10%	12%	Conforme
P3-28		306		4.1%						

Fuente: Elaboración del autor

Tabla 42*Valores de dispersión en el mortero experimental con cemento sustituido en 10%*

Descripción	Edad	f _m (kg/cm ²)	f _{m,prom} (kg/cm ²)	Dispersión (%)	V[x] (kg/cm ²) ²	S (kg/cm ²)	C.V. ó 1s% (%)	Rango de aceptación d2s%		Validez
								NTP 334.051	ASTM C 670	
E1-3 (10%)		208		4.1%						
E2-3 (10%)	3 días	183	199.7	8.5%	215.7	14.7	7%	10%	24%	Conforme
E4-3 (10%)		208		4.4%						
E1-7 (10%)		264		2.4%						
E2-7 (10%)	7 días	249	257.3	3.4%	58.8	7.7	3%	10%	10%	Conforme
E3-7 (10%)		260		0.9%						
E1-28 (10%)		337		1.5%						
E2-28 (10%)	28 días	327	332.3	1.5%	23.0	4.8	1%	10%	5%	Conforme
E3-28 (10%)		332		0.0%						

Fuente: Elaboración del autor

Tabla 43*Valores de dispersión en el mortero experimental con cemento sustituido en 15%*

Descripción	Edad	f _m (kg/cm ²)	f _{m,prom} (kg/cm ²)	Dispersión (%)	V[x] (kg/cm ²) ²	S (kg/cm ²)	C.V. ó 1s% (%)	Rango de aceptación d2s%		Validez
								NTP 334.051	ASTM C 670	
E1-3 (15%)		177		3.5%						
E4-3 (15%)	3 días	182	183.1	0.6%	48.8	7.0	4%	10%	13%	Conforme
E5-3 (15%)		191		4.1%						
E1-7 (15%)		259		0.8%						
E2-7 (15%)	7 días	252	257.4	2.1%	26.1	5.1	2%	10%	7%	Conforme
E3-7 (15%)		261		1.4%						
E1-28 (15%)		284		1.2%						
E2-28 (15%)	28 días	314	287.9	9.0%	596.9	24.4	8%	10%	28%	Conforme
E3-28 (15%)		265		7.8%						

Fuente: Elaboración del autor

Resistencia a la compresión de morteros patrones y experimentales

Se determinó la resistencia a la compresión de morteros después del proceso de curado durante 3, 7 y 28 días tanto para el mortero patrón como para los experimentales en el laboratorio N° 01 de ensayo de materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería. El equipo utilizado fue una máquina de ensayo uniaxial ELE VERSA TESTER con certificado de calibración CMC-109-2019. Los resultados se muestran en la Figura 5 y Figura 6. Dicha información se muestra en la Tabla 44, Tabla 45 y Tabla 46. Luego en la Figura 12, Figura 13, Figura 14 y Figura 15 se muestra esta información de una forma comparativa.

Tabla 44

Resistencia a la compresión del mortero patrón

Descripción	Edad	Área (cm ²)	Peso final (gr)	Carga (kg)	f _m (kg/cm ²)	f _{m,prom} (kg/cm ²)	I.A.R. (%)
P1-3	3 días	25.2	280.7	6473	257	263.6	83%
P2-3		25.0	280.3	6492	260		
P3-3		25.2	280.0	6881	274		
P1-7	7 días	25.2	277.6	7501	298	311.5	98%
P2-7		25.1	279.1	8090	322		
P3-7		25.3	279.0	7958	315		
P1-28	28 días	25.2	282.0	8178	325	319.1	100%
P2-28		25.2	282.9	8237	327		
P3-28		24.9	281.3	7634	306		

Fuente: Laboratorio N° 01 de Ensayo de Materiales - UNI

Tabla 45*Resistencia a la compresión del mortero experimental con cemento sustituido en 10%*

Descripción	Edad	Área (cm ²)	Peso final (gr)	Carga (kg)	f _m (kg/cm ²)	f _{m,prom} (kg/cm ²)	I.A.R. (%)
E1-3 (10%)		26.2	305.3	5439	208		
E2-3 (10%)	3 días	26.2	303.7	4789	183	199.7	63%
E4-3 (10%)		26.4	301.8	5506	208		
E1-7 (10%)		26.3	300.5	6936	264		
E2-7 (10%)	7 días	26.4	302.8	6567	249	257.3	81%
E3-7 (10%)		26.4	303.0	6846	260		
E1-28 (10%)		26.3	304.4	8861	337		
E2-28 (10%)	28 días	26.4	306.7	8649	327	332.3	104%
E3-28 (10%)		26.4	305.2	8759	332		

Fuente: Laboratorio N° 01 de Ensayo de Materiales - UNI

Tabla 46*Resistencia a la compresión del mortero experimental con cemento sustituido en 15%*

Descripción	Edad	Área (cm ²)	Peso final (gr)	Carga (kg)	f _m (kg/cm ²)	f _{m,prom} (kg/cm ²)	I.A.R. (%)
E1-3 (15%)		26.2	302.6	4625	177		
E4-3 (15%)	3 días	26.8	298.8	4884	182	183.1	57%
E5-3 (15%)		26.4	301.0	5025	191		
E1-7 (15%)		26.3	299.5	6826	259		
E2-7 (15%)	7 días	26.4	301.8	6655	252	257.4	81%
E3-7 (15%)		26.3	298.9	6865	261		
E1-28 (15%)		26.3	301.1	7483	284		
E2-28 (15%)	28 días	26.4	303.0	8294	314	287.9	90%
E3-28 (15%)		26.4	304.1	7014	265		

Fuente: Laboratorio N° 01 de Ensayo de Materiales - UNI

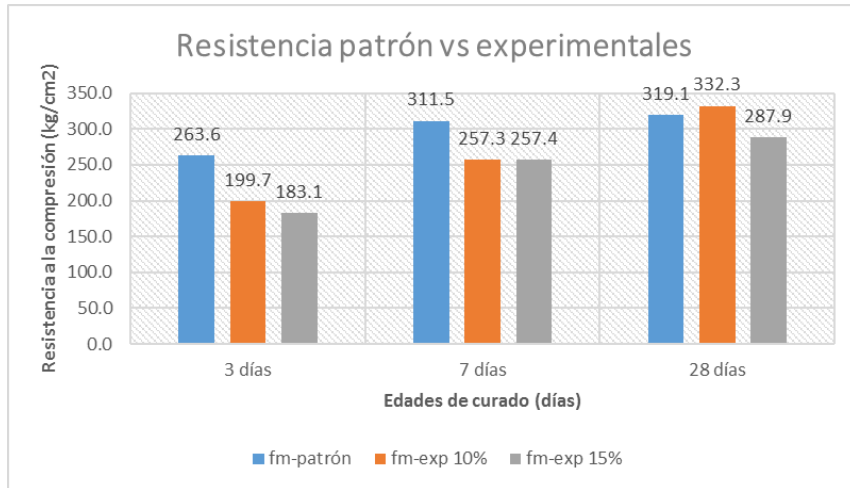


Figura 12. Resistencia a la compresión de morteros patrón vs experimental

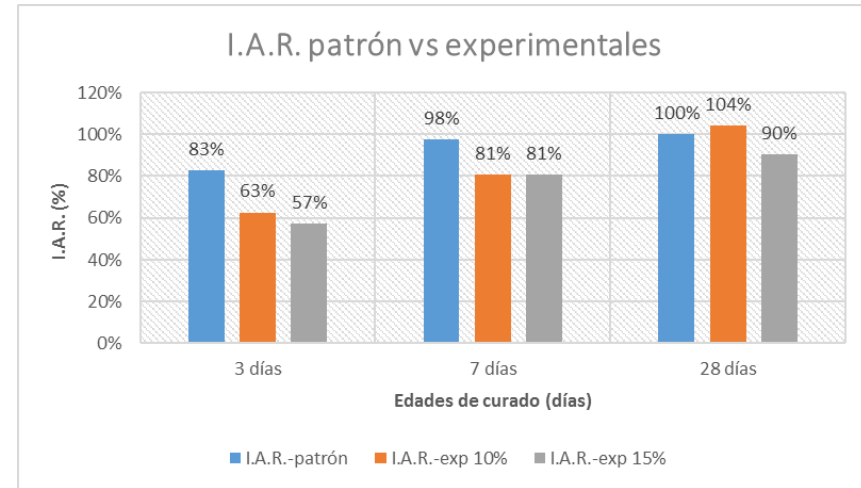


Figura 14. I.A.R. de morteros patrón vs experimental

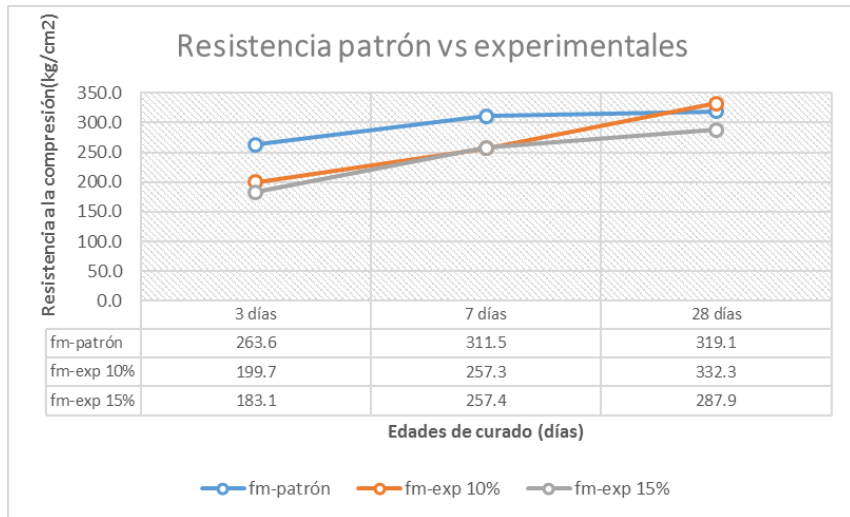


Figura 13. Resistencia a la compresión de morteros patrón vs experimental

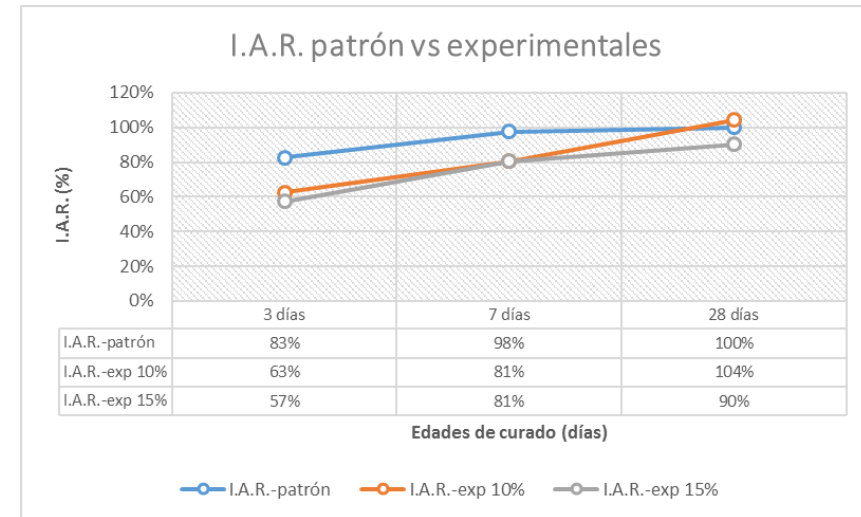


Figura 15. I.A.R. de morteros patrón vs experimental

Relación agua-cemento de mortero patrón y experimental

Se determinó la relación a/c para cada tipo de mortero que se elaboró. Dicha información se muestra en la Tabla 47. Posteriormente en la Figura 16 se muestra una comparación de cada una de las relaciones a/c utilizadas.

Tabla 47

Relación agua-cemento utilizadas en la elaboración del mortero patrón y experimental

Descripción	Sustitución (%)	Fluidez (%)	Relación a/c
Patrón	0	19.09	0.484
Exp. - 10%	10	19.34	0.510
Exp. - 15%	15	19.59	0.523

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP

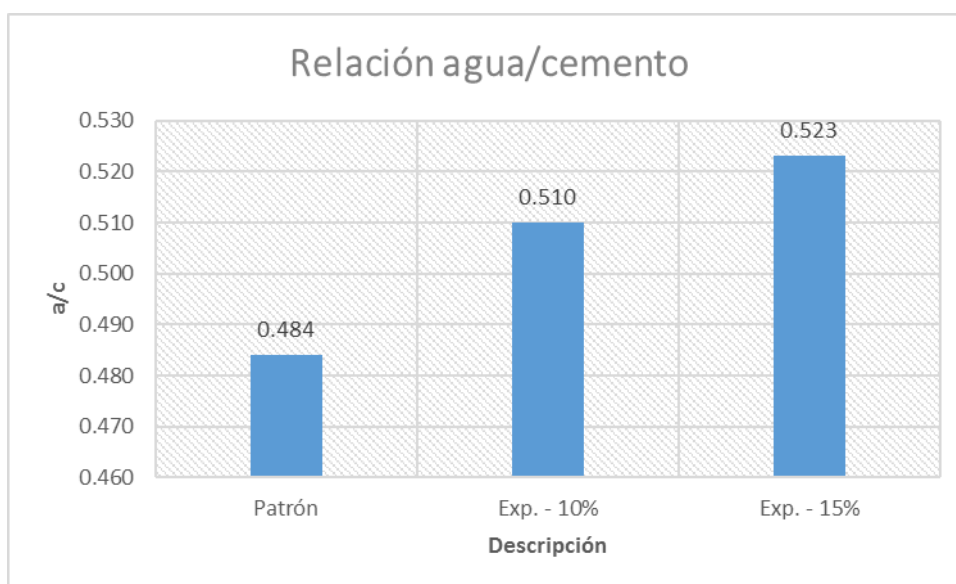


Figura 16. Relación a/c de mortero patrón vs experimental

Prueba de Normalidad (Shapiro Wilk)

H0: Existe normalidad entre el grupo patrón y experimental al 10% y 15%

H1: No existe normalidad entre el grupo patrón y experimental al 10% y 15%

Tabla 48

Pruebas de normalidad en muestras de mortero patrón y experimental

	Sustitución en %	Pruebas de normalidad			Shapiro-Wilk		
		Kolmogorov-Smirnov ^a Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a	Patrón	,171	9	,200*	,869	9	,121
compresión	Exp. 10%	,198	9	,200*	,900	9	,253
	Exp. 15%	,242	9	,135	,896	9	,228

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: IBM Spss Statistics v.25

Análisis de Varianza Factorial Univariante

H0: Todas las combinaciones de la muestra son iguales

H1: Por lo menos dos de las combinaciones de la muestra son diferentes

Tabla 49

Pruebas de efectos inter-sujetos en muestras de mortero patrón y experimental

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Resistencia a compresión					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	63305,630 ^a	8	7913,204	52,925	,000
Intersección	1939784,037	1	1939784,037	12973,537	,000
Dosificación	14160,963	2	7080,481	47,355	,000
Curado	43492,519	2	21746,259	145,442	,000
Dosificación * Curado	5652,148	4	1413,037	9,451	,000
Error	2691,333	18	149,519		
Total	2005781,000	27			
Total corregido	65996,963	26			

a. R al cuadrado = ,959 (R al cuadrado ajustada = ,941)

Fuente: IBM Spss Statistics v.25

Análisis de Varianza (ANOVA)

H0: No existe diferencias en la resistencia a la compresión de morteros patrón y experimentales a los 28 días.

H1: Existe diferencias en la resistencia a la compresión de morteros patrón y experimentales a los 28 días.

Tabla 50

Prueba ANOVA en muestras de mortero patrón y experimental

ANOVA					
Resistencia a compresión					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3128,667	2	1564,333	6,097	,036
Dentro de grupos	1539,333	6	256,556		
Total	4668,000	8			

Fuente: IBM Spss Statistics v.25

Tabla 51

Comparaciones múltiples en muestras de mortero patrón y experimental

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Resistencia a compresión - HSD Tukey						
(I) Sustitución en %	(J) Sustitución en %	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Patrón	Exp. 10%	-12,667	13,078	,621	-52,79	27,46
	Exp. 15%	31,667	13,078	,113	-8,46	71,79
Exp. 10%	Patrón	12,667	13,078	,621	-27,46	52,79
	Exp. 15%	44,333*	13,078	,034	4,21	84,46
Exp. 15%	Patrón	-31,667	13,078	,113	-71,79	8,46
	Exp. 10%	-44,333*	13,078	,034	-84,46	-4,21

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

Fuente: IBM Spss Statistics v.25

Prueba de medias para muestras independientes

H0: En promedio a los 28 días, la resistencia a la compresión del mortero patrón es igual a la resistencia a la compresión del mortero experimental al 10%.

H1: En promedio a los 28 días, la resistencia a la compresión del mortero patrón es menor a la resistencia a la compresión del mortero experimental al 10%.

Tabla 52

Prueba de medias independientes en muestras de mortero patrón y experimental

		Prueba de muestras independientes									
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas				Prueba T para la igualdad de medias					
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		
										Inferior	Superior
Resistencia a compresión	Se asumen varianzas iguales	3,834	,122	-1,738	4	,157	-12,667	7,288	-32,901	7,567	
	No se asumen varianzas iguales			-1,738	2,719	,190	-12,667	7,288	-37,273	11,940	

Fuente: IBM Spss Statistics v.25

Prueba de medias para muestras relacionadas

H0: La resistencia a la compresión promedio de un mortero a una determinada edad es igual a la resistencia a la compresión promedio del mismo mortero a una edad anterior.

H1: La resistencia a la compresión promedio de un mortero a una determinada edad es mayor a la resistencia a la compresión promedio del mismo mortero a una edad anterior.

Tabla 53

Prueba de medias relacionadas en muestras de mortero patrón y experimental

		Prueba de muestras emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Diferencias emparejadas			95% de intervalo de confianza de la diferencia				
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	Inferior	Superior			
Par 1	fm_patron_28 - fm_patron_7	7,667	18,148	10,477	-37,414	52,748	,732	2	,540
Par 2	fm_patron_7 - fm_patron_3	48,000	12,124	7,000	17,881	78,119	6,857	2	,021
Par 3	fm_exp10%_28 - fm_exp10%_7	74,333	3,215	1,856	66,348	82,319	40,052	2	,001
Par 4	fm_exp10%_7 - fm_exp10%_3	58,000	7,211	4,163	40,087	75,913	13,931	2	,005
Par 5	fm_exp15%_28 - fm_exp15%_7	30,333	29,366	16,954	-42,615	103,281	1,789	2	,215
Par 6	fm_exp15%_7 - fm_exp15%_3	74,000	6,928	4,000	56,789	91,211	18,500	2	,003

Fuente: IBM Spss Statistics v.25

IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Analizando la Figura 3, que muestra la curva de pérdida de masa de concha de abanico, la curva presenta una óptima estabilidad térmica del material hasta llegar a los 700 °C, temperatura en la cual comienza a producirse una descomposición acelerada y la pérdida de material hasta caer bruscamente hasta la temperatura de ensayo máxima, y se evidencia una pérdida total de aproximadamente 35% de su masa inicial. Por otro lado, si examinamos la Figura 4, donde se aprecia la curva calorimétrica de concha de abanico, se puede observar dos leves bandas endotérmica (producidas con absorción de calor), la primera a 110 °C, y la otra a 210 °C y finalmente se muestra un fuerte pico de absorción térmica a 890 °C la cual sería una temperatura de cambio estructural y de las propiedades en el material. Si comparamos la temperatura a la que se calcinó el material, la cual fue a 890 °C por 2 horas, con respecto a la investigación de Julian et al. (2016) podremos notar que varía considerablemente pues ellos calcinaron a 1000 °C durante 3 horas y 12 minutos y esto se debe a que ellos no realizaron su respectivo ensayo de DTA al material y solo se guiaron de antecedentes de otros países lo cual es información referencial pero no tan precisa, pues los materiales varían de acuerdo al lugar de donde se obtienen debido a condiciones ambientales, hábitat, clima, etc.; en cuanto al tiempo se utilizó el mismo tiempo que registró Zapata, W. (2018) por ser una investigación más reciente y con resultados favorables. Por otro lado, si comparamos la curva DTA obtenida por Luna, M. (2018) en su tesis de pregrado *“Resistencia a la compresión de un mortero sustituyendo al cemento por 5% de polvo de Argopecten Purpuratos (concha de abanico) Y 15% de ceniza de briqueta”* podremos verificar que tienen formas parecidas registrando él una temperatura de calcinación de 895°C, lo cual está muy cerca de la obtenida en el presente proyecto de investigación.

Si estudiamos la Figura 5, que muestra la curva de pérdida de masa de cola de caballo, podemos observar interesantes caídas de masa a causa de la subida de temperatura, la primera es debido es debido a la humedad que presentaba el material y se da en el intervalo de 80 °C y 130 °C y la segunda se debe a su descomposición que inicia alrededor de los 220 °C, llegando a perder un 65% de su masa inicial cuando se alcanza la temperatura máxima de ensayo. Por otro lado, si revisamos la Figura 6, donde se aprecia la curva calorimétrica de cola de caballo, se puede ver unas ligeras bandas endotérmica (producidas con absorción de calor),

en torno a 115 °C y 200 °C y después se muestra un importante pico de absorción de calor a 390 °C con gran posibilidad de generarse cambios estructurales y en las propiedades del material. Si contrastamos la temperatura a la que se calcinó el material, la cual fue a 390 °C por 2 horas, con la investigación de Carneiro et al. (2015), la cual fue a 500°C por 2 horas nos damos cuenta que hay una diferencia en la temperatura de 110 °C y esto se debe a la ubicación del material y a las condiciones a las que está expuesta, además le dimos prioridad a los datos arrojados a nuestro propio estudio DTA con la materia prima que realmente utilizaremos. También tenemos el trabajo de Sapei, L. (2007) quien reporta una temperatura de calcinación óptima alrededor de 500° C para obtener un gran contenido de silicio, pero como se mencionó anteriormente esto puede deberse a factores externos y en mayor importancia a que él trabajó con el *Equisetum hyemale* quien pertenece a la misma familia del *Equisetum arvense*, pero es una especie diferente. De igual forma, si comparamos la curva DTA obtenida por Velásquez, J. (2018) en su tesis de pregrado *“Resistencia a la compresión de un concreto $f'c= 210$ kg/cm², sustituido 15% el cemento por ceniza de cola de caballo”* podremos corroborar que tienen figuras similares registrando él una temperatura de calcinación de 400 °C, muy cerca de la conseguida en este proyecto de investigación.

Revisando la Tabla 12 que nos habla del contenido de humedad de la arena podemos notar que obtuvimos un 0.57%, lo que nos hace afirmar que la totalidad de humedad de la arena es relativamente baja, en otras palabras, quiere decir que los poros del agregado fino estaban parcialmente secos; lo que nos lleva a concluir que el agregado fino contribuirá con una mínima cantidad de agua a la mezcla. Si nos situamos en la Tabla 13 y Tabla 14 que hace referencia al peso unitario suelto y compactado del agregado fino respectivamente, podremos notar que este último presenta un valor de 1725 kg/m³ superior al otro que es de 1616 kg/m³ y esto se debe a que al compactar el material esto permite que se acomoden mejor las partículas de arena llenando posibles vacíos, también cabe mencionar que este ensayo no determina la calidad del agregado fino, pues sirve para determinar las dosificaciones en el concreto ya que se utilizará la conversión de peso a volumen. El peso unitario suelto obtenido es importante para el manejo, transporte y almacenamiento de los mismos, pues como su mismo nombre lo indica, estas actividades se hacen en un estado suelto. En cuanto al peso unitario compactado obtenido será importante en un diseño de mezcla, pues con esto se calculará el volumen absoluto del agregado ya que estarán sometidos a una compactación durante el proceso de elaboración y posicionamiento en el molde para realizar los morteros. Prosiguiendo, en la

Tabla 15 podremos constatar la gravedad específica o también llamado peso específico y la absorción del agregado fino, la cual nos arroja un peso específico de 2.55, un peso específico de base saturada de 2.57, un peso específico aparente de 2.61 y un porcentaje de absorción del 1.01%. Notamos que los valores de peso específico son valores adimensionales, pero si se desea obtener sus unidades comunes se multiplica por $1\text{gr}/\text{cm}^3$, dicho sea de paso, estos valores se utilizarán dependiendo de la situación pues si se tiene certeza de que el material está completamente seco, para el cálculo de volumen se utilizará el valor del peso específico de base seca, pero si no se está seguro se utilizará el valor de peso específico aparente de base seca. En cuanto al porcentaje de absorción refleja la cantidad de agua que la arena tiene absorbida y de acuerdo a esto nos da una idea de la cantidad de agua de mezclado necesaria al realizarse una mezcla para morteros.

Analizando la Tabla 16 que trata de la granulometría de la arena vemos que el módulo de finura es de 2.61 y no satisface lo especificado en la Norma E.070 el cual establece que el dicho módulo debe estar comprendido entre 1.6 y 2.5 pues esto nos garantiza que tendremos una granulometría variada que permita ocupar los vacíos con el material cementante creando un mortero altamente resistente. Es por ello que se decidió gradar toda la arena para lograr tener un mortero más compacto y resistente.

Como resultado de la gradación se propuso una nueva granulometría para el agregado fino que cumpla con lo especificado en la NTP 399.607. Dicha granulometría que se muestra en la Tabla 17 la cual nos indica que el material que más intervendrá será lo retenido en la malla #30 el cual nos ayudará a homogenizar la muestra, luego le siguen las mallas #100, #50, #16 en menor proporción. Las partículas más gruesas que son lo retenido en la malla #8 y #16 nos ayudarán a darle mayor resistencia a los morteros mientras que las partículas más finas como lo retenido por la malla # 200 y en el plato ayudarán a rellenar los espacios vacíos que habrá en la mezcla. A modo de complementar la idea, podemos citar el trabajo de Rivas, E. (2019) quien concluyó que la utilización de conchas de abanico trituradas como agregado fino en el mortero de albañilería ayuda a aumentar la resistencia a la compresión por la figura angulosa de sus partículas, lo que produce una excelente unión entre estas, es decir que a pesar de que no se sustituirá el agregado en el presente proyecto, la materia prima al ser más fina se compactará mejor y llenará los espacios vacíos creando un mortero muy sólido y resistente.

En los resultados de los análisis de FRX, realizado para el polvo de concha de abanico, que se muestra en la Tabla 18; se puede apreciar que es un material altamente limpio, con un sobresaliente 99.56% de óxido de calcio (CaO) y una cantidad insignificante de Óxido de estroncio (SrO) con 0.37% y Óxido de azufre (SO₃) con 0.07%, en otras palabras, la temperatura a la cual fue calcinada dicho material generó un material muy reactivo y limpio que permitiría mezclarse muy bien con una puzolana y así formar un cemento puzolánico el cual es mejor que un cemento convencional. Si cotejamos dicha composición química con la que obtuvo Julián et al. (2016) en su investigación podremos darnos cuenta que obtuvimos un material mucho más limpio con 1.82% más de contenido en óxido de calcio y sin presencia de óxidos indeseables, como el óxido de potasio, por ejemplo, y esto se debe a la temperatura y el tiempo a la cual calcinamos, pues fue una forma más precisa de activar el material.

En los resultados de los análisis de FRX, realizado para la ceniza de cola de caballo, que se muestra en la Tabla 19; se puede apreciar que, la activación empleada nos hizo obtener un material con mucho contenido de óxidos indeseables. Entre los porcentajes favorables más relevantes tenemos óxido de silicio (SiO₂) con 52.73 %, óxido de calcio (CaO) con 15.37%, óxido de aluminio (Al₂O₃) con 2.72% y óxido de hierro (Fe₂O₃) con 0.45% que son componentes principales del cemento. Cabe mencionar que, si bien el óxido de calcio es un cemento natural y aporta resistencia en el mortero, al ya contar con otro material (polvo de concha de abanico) que aporta óxido de calcio estaríamos saturando al cemento con una cantidad un tanto elevada de este componente y esto influenciará significativamente en las resistencias a la compresión del mortero. En cuanto a los porcentajes desfavorables más relevantes se tiene un 15.58% de óxido de Potasio (K₂O) el cuál al ser demasiado grande para los límites del cemento Portland (0.2% – 1.3%) produciría pérdida de resistencia en el tiempo debido a la degradación del material por la eflorescencia y también formará alcalescencia a hincharse y este hinchamiento puede ocasionar que el mortero se expanda de forma anormal y se fisure; en menor porcentaje con un 10.67% tenemos el óxido de magnesio (MgO) el cuál al ser ligeramente superior al porcentaje permitido por el cemento podría generar un incremento en el volumen del material, produciendo fisuras en el mortero. Según la ASTM C618 (2019), establece que la suma de los óxidos de silicio (SiO₂), aluminio (Al₂O₃) y hierro (Fe₂O₃) debe superar el 70% para que un material sea considerado puzolánico, es decir un material que tenga la capacidad de reaccionar con hidróxido de calcio y agua. De la Tabla 11 se puede verificar que $SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 = 55.90 \%$ lo cual nos indica que la ceniza de

cola de caballo está 14.10% por debajo del porcentaje requerido, por lo tanto, no puede considerarse un material puzolánico y esto influirá significativamente en la resistencia a la compresión del mortero experimental. Esta diferencia tan notoria de composición química con respecto a la investigación de Carneiro et al. (2015) que obtuvo 93.5% de óxido de silicio y 0.6% de óxido de potasio podría atribuirse a muchos factores entre los cuales podemos mencionar la mineralización diferente de las plantas, el clima, tipo de lavado del material, temperatura de calcinación del material, entre otros. Por otro lado, este análisis corrobora el trabajo de Vivancos et al. (2016) quienes afirman que el Equisetum arvense es una de las plantas con más contenido en sílice del reino vegetal, pues pese a que no se le dio un tratamiento tan complejo como lo hicieron Carneiro et al. (2015) se obtuvo un 52.73% de óxido de silicio.

Analizando la Tabla 21 que trata sobre el contenido de pH de los materiales vemos que el polvo de concha de abanico presenta un valor de 12.80 pero la ceniza de cola de caballo presenta un valor de 9.86 lo cual está por debajo de lo recomendado, pues según Osorio, J. (2012) un rango recomendado de pH es de 12 a 13 y esto se refleja en el pH del cemento Portland Tipo I mostrado en la Tabla 20 el cual es de 13.5 lo cual está inclusive por arriba; esto es bueno ya que ayuda a proteger a las estructuras (en nuestro caso unidades de albañilería) contra la corrosión pues así el mortero creará una capa de óxido pasivo sobre la superficie de las unidades de albañilería lo cual hará que permanezca estable en el ambiente altamente alcalino. Según sus estudios, él señala que la carbonatación hace que se produzca la pérdida de pH, y esto se debe al ambiente al cual está expuesto el mortero, lo que hace que el hidróxido de calcio se convierta en carbonato de calcio y cuando el pH esté por debajo de 9 empezará la corrosión. Por otro lado, si analizamos las sustituciones del 10% y 15% vemos que el valor de pH está en el rango con 12.36 y 12.81 respectivamente lo cuál podría ser una buena señal para obtener resistencias óptimas, sin embargo, a una mayor sustitución con respecto a la ceniza de cola de caballo es posible que el contenido de pH decaiga.

Revisando la Tabla 22 que muestra el peso específico del polvo de concha de abanico, podemos constatar que se obtuvo un 2.98 lo cual nos dice que tiene un peso un poco menor al cemento. Seguidamente revisamos la Tabla 23 que muestra el peso específico de la ceniza de cola de caballo y notamos que tiene un 2.37 lo cual si es considerablemente bajo en relación al peso específico del cemento Portland tipo I el cual oscila entre 3.1 – 3.2, podemos afirmar

además que dicho material es voluminoso y poco pesado. Pasando a la Tabla 24 que muestra la sustitución del cemento al 10% podemos notar que no hay un cambio significativo pues se obtuvo un 3.18 lo cual está en el rango del cemento. Finalmente, si observamos la Tabla 25 que muestra la sustitución al 15% podemos notar que el peso específico sale fuera del rango del cemento con 3.09 lo cual nos lleva a la conclusión de que a mayor porcentaje que se sustituya el cemento este perderá peso y se irá convirtiendo en un material muy voluminoso y poco pesado.

Analizando la Tabla 26, Tabla 27 y Tabla 28 se podrá corroborar las dosificaciones utilizadas para los respectivos ensayos de fluidez para el mortero patrón y experimental y notaremos que los morteros experimentales demandan una mayor cantidad de agua a medida que se incrementa el porcentaje de sustitución del cemento y esto se debe a la estructura porosa de los materiales con los cuales se trabajó (PCA y CCC), pues al entrar en contacto con el agua actúan como un material absorbente quitándole trabajabilidad a la mezcla dificultando la manipulación de la misma. En vista de este inconveniente se optó por agregar más agua hasta conseguir la misma o parecida fluidez que se obtuvo en el mortero patrón. En la Tabla 29 se puede apreciar las cantidades de agua agregadas para cada porcentaje de sustitución del cemento. Finalmente, si analizamos la Tabla 30 y Tabla 31 podremos constatar las cantidades utilizadas de cada componente para la elaboración de mortero patrón y experimental en tandas de 3 cubos. Si comparamos esta dosificación con la investigación de Naghizadeh et al. (2015) podemos notar que ellos sustituyeron el cemento en un 30% por *Equisetum telmateia* (cola de caballo) y consiguieron resultados favorables mientras que en el presente proyecto se está utilizando una sustitución de 2.5% y 3.75% del cemento por *Equisetum arvense* en la sustitución del cemento en 10% y 15% respectivamente, pero debemos recordar que ellos sólo trabajaron con un solo material, mientras que en mi caso es con dos materiales y manteniendo la proporción 3:1 en ambas sustituciones. Por otra parte, si analizamos esta dosificación con el trabajo de Abbaslou et al. (2018) vemos que ellos llegaron a la conclusión de que el porcentaje óptimo de cenizas de cola de caballo con respecto a la resistencia a la compresión del concreto fue 15% de reemplazo con cemento en diferentes diseños de mezcla; sin duda esta sustitución es menor que la de Naghizadeh et al. (2015) pero sigue siendo un solo material de sustitución cuando en realidad nosotros utilizamos dos materias primas, es por ello que nos hace suponer que a menor sustitución hay resultados más favorables. Dicha suposición se reafirma con el trabajo de Julian et al. (2015) quién trabajó con 3 porcentajes de sustitución

del cemento por polvo de concha de abanico, las cuales fueron 5%, 10% y 15% siendo la menor sustitución la que dio un índice de actividad resistente más elevado con respecto a las otras dos.

Analizando la Tabla 32, Tabla 33 y Tabla 34 la cuales nos muestran los pesos de los cubos de mortero patrón y experimental antes y después del proceso de curado podemos notar que los cubos con cemento sustituido en un 10% pesan más que los cubos con cemento sustituido en un 15% y estos a su vez más que los cubos patrones, esto se debe a los moldes en los cuales fueron elaborados, pues el patrón fue elaborado en un molde diferente al de los experimentales el cual tenía medidas un tanto menores y ello explica por qué pesa menos cuando en realidad debería pesar más. En cuanto a los experimental fueron hechos con el mismo molde y es lógico que el que tiene menos sustitución pese más porque se sustituyó con materiales voluminosos y de poco peso. También si nos fijamos detenidamente nos daremos cuenta de que hay variación en los pesos de cada cubo y esto se debe a la forma de apisonado de la mezcla y al enrasado final que se le da, no obstante, la máxima dispersión no llega ni al 1% por lo que no le daremos importancia.

Por otro lado, si revisamos la Figura 7 y Figura 8 nos dará una mejor visualización de los pesos y confirmaremos que el mortero al 10% siempre pesó más, seguido del mortero al 15% y por último el mortero patrón. Finalmente, de la Figura 9 podemos deducir que después del curado todos los cubos ganan en peso un porcentaje entre 1%-2% de su peso inicial y que el mortero patrón después de haber curado tiene una ganancia de peso casi en su totalidad por arriba de los morteros experimentales y es constante mientras que los experimentales tienen variaciones en sus ganancias de peso a diferentes edades.

Observando la Tabla 35, Tabla 36 y Tabla 37 notamos que el mortero patrón tiene un valor de peso específico por arriba del experimental y esto nos comprueba que pese a tener un peso inferior debido a los moldes, en cuanto a un peso en un determinado volumen el mortero patrón quien posee cemento sin sustitución, el cuál es más pesado que los materiales sustitutos utilizados en el mortero experimental, por simple lógica logran alcanzar una superioridad. En cuanto a los experimentales lógicamente como ya lo hemos mencionado anteriormente el que tenga menos sustitución pesará más. En la Tabla 38, Tabla 39 y Tabla 40 nos damos cuenta que por lógica después del curado cada cubo gana más peso, pues absorbieron agua en sus

poros, pero la superioridad del patrón frente al experimental se sigue manteniendo, lo mismo pasa para el de menor porcentaje de sustitución respecto al otro. Para culminar en la Figura 10 y Figura 11 podemos visualizar con mayor detalle la superioridad de del patrón frente al experimental al 10% y este a su vez frente al experimental al 15% antes y después del curado.

Revisando la Tabla 41, Tabla 42 y Tabla 43 podemos corroborar que la máxima dispersión alcanzada fue de un 9% el cuál cumple con la NTP 334.051 que establece un máximo de 10% y a su vez con el ASTM C 670 el cual depende del coeficiente de variación y el número de muestras ensayadas. También deducimos que el máximo grado de variabilidad alcanzado de las resistencias a compresión de las muestras analizadas con respecto a su resistencia promedio fue de $596.9 \text{ (kg/cm}^2\text{)}^2$. Asimismo, podemos afirmar que el máximo promedio de variabilidad de la resistencia a compresión de dichas muestras con respecto a la resistencia promedio en forma lineal se aleja en 24.4 kg/cm^2 . Para terminar, podemos decir que como el coeficiente de variación máximo obtenido fue de un 8% y este es menor al 10% los datos conseguidos son homogéneos, es decir tienen un bajo grado de variabilidad.

Analizando los datos arrojados en la Tabla 44, se puede visualizar que el mortero patrón presenta una gran resistencia inicial a los 3 días y un crecimiento medio hasta alcanzar los 319.1 kg/cm^2 a los 28 días; este comportamiento se debe a la debida gradación de la arena, a la correcta homogenización de la mezcla cemento – arena y la baja relación agua/cemento de 0.484, además cabe mencionar que no existe una resistencia estándar a la que debe llegar un espécimen de mortero ya que este depende de la manipulación del material por parte del operador, estado de los moldes utilizados, procedencia del agregado, entre otros factores. Revisando la Tabla 45, que muestra el mortero experimental al 10% de sustitución, a los 3 días se puede apreciar que muestra una resistencia media por debajo del mortero patrón en un 20% y un crecimiento cada vez mayor hasta alcanzar los 332.3 kg/cm^2 a los 28 días estando 4% por arriba de la resistencia del mortero patrón. Estudiando la Tabla 46, que muestra el mortero experimental al 15% de sustitución, a los 3 días se puede apreciar que muestra una resistencia media por debajo del mortero patrón en un 26% y un crecimiento moderado hasta alcanzar los 287.9 kg/cm^2 a los 28 días estando 10% por debajo de la resistencia del mortero patrón. Esta última tabla tiene similitud con el trabajo de Akarley, D. y Florian, C. (2019) quienes utilizaron una adición de 20% de concha de abanico en el concreto, que a pesar de no ser mortero nos indica que a una mayor utilización de esta materia prima se obtienen

resultados desfavorables. De igual forma pasó con el proyecto de Estela et al. (2018) quienes analizaron una adición de 0%, 10%, 20%, 30%, 40% de concha de abanico en el mortero siendo la menor adición la que logró un óptimo resultado de resistencia a la compresión. Asimismo, Villanueva et al. (2019) quien trabajo con sustituciones del cemento por polvo de concha de abanico en morteros en 10%, 25% y 50%, reportó que el único porcentaje que superó al patrón fue el de menor sustitución con un 3% por arriba muy cerca de lo que se obtuvo en el presente proyecto (4% de superación). Todos estos antecedentes nos llevan a afirmar que a menor porcentaje de utilización de materias primas se obtienen mejores resultados.

Revisando la Figura 12 y Figura 13 la baja resistencia de los morteros experimentales con respecto al patrón (con excepción al experimental sustituido en 10% a los 28 días) podría deberse además de su bajo contenido de óxidos (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3) al elevado contenido de K_2O (15.37%); a esto le podemos sumar que los morteros patrones sustituidos al 10% y 15% tienen una relación agua/cemento = 0.484 mientras que los experimentales una relación agua/cemento = 0.510 y 0.523 respectivamente y en consecuencia el agua tiende a bajar la resistencia. Si revisamos la Figura 14 y Figura 15 podemos notar que pese a que la resistencia a los 3 y 7 días del mortero patrón es superior al mortero experimental con el pasar de los días de curado este último se sigue manteniendo por debajo, pero gana más resistencia que el mortero patrón, esto podría deberse a que la ceniza de cola de caballo tiene celulosa en su composición lo cual hace que el mortero experimental tenga un tiempo de fraguado más lento ganando rigidez a un tiempo más tardío con respecto al patrón. Se comprueba que se produce de manera lenta la reacción química entre el cemento, polvo de concha de abanico, ceniza de cola de caballo y el agua para la formación de complejos como hidrato de silicato de calcio, componente principal de la cementación, donde el material puzolánico disminuye el contenido de hidróxido de calcio y aumenta la cantidad del hidrato de silicato de calcio el cual es un gel en forma de cristales que tapa los poros en el mortero en el curado (Julian et al., 2016). Es por ello que el mortero experimental con cemento sustituido en 10% recién a los 28 días supera al patrón mientras que el mortero experimental con cemento sustituido en 15% sigue subiendo, pero no lo suficiente para rebasar al patrón, quizás con ensayos a más tiempo de curado podríamos verificar si logra superarlo.

Analizando la Tabla 47 y Figura 16 podemos observar la superioridad en contenido de agua de los morteros experimentales respecto al mortero patrón, es decir mientras más se sustituya el cemento este valor de a/c se irá incrementando para conseguir la misma trabajabilidad en la mezcla. Este detalle también se ve reflejado en el trabajo de Ibañez D. (2018) quien realizó una sustitución de un 48% del cemento y por ende dicho mortero experimental supero la relación a/c de 0.49 del mortero patrón con un a/c de 0.69, es decir que a mayor porcentaje de sustitución se requerirá más agua para darle la facilidad de trabajo y moldeado al mortero.

Revisando la Tabla 48 utilizado cuando la muestra es como máximo de tamaño 50, si nos fijamos en la columna de p-sig de Shapiro-Wilk vemos que todos los valores superan la cantidad de 0.05, por lo tanto, la hipótesis nula no se rechaza y podemos afirmar que existe normalidad entre el grupo patrón y experimental al 10% y 15%, es decir la distribución de la variable analizada es igual a la distribución normal y por ende tienen normalidad y se puede comparar el grupo patrón con ambos experimentales.

Analizando la Tabla 49, si nos ubicamos en la columna Sig. intersectado con Dosificación*Curado podemos observar que el valor p-sig es $0.000 < 0.05$, por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna, es decir afirmaremos que por los menos dos combinaciones de la muestra son diferentes, pues hay variación en la resistencia a la compresión de acuerdo a la dosificación y curado que recibe el mortero.

Analizando la Tabla 50 en la parte de la columna Sig. podemos inferir que hay resistencias diferentes entre los diversos grupos de análisis (patrón y experimental), sin embargo, si vamos a la Tabla 51 y nos ubicamos en los valores de Sig. podemos afirmar que a excepción del mortero experimental al 10% comparado con el mortero experimental al 15% a los 28 días de curado, de acuerdo a los resultados obtenidos por el análisis ANOVA, no existe evidencia estadística (de acuerdo al criterio del valor p - Sig) para rechazar la hipótesis nula, por ende, se puede asegurar que NO existe diferencias en la resistencia patrón comparado con la experimental. Sin embargo, para la comparación de resistencias entre experimentales se puede decir que si existen diferencias significativas entre sus resistencias.

Analizando la Tabla 52, fijándonos en el valor sig.(bilateral) podemos afirmar que a los 28 días de curado utilizando el criterio del valor p, estadísticamente, no hay diferencias entre la resistencia a la compresión del mortero patrón en relación al mortero experimental al 10% (valor $p=0.190 > 0.05$), por lo que se debe aceptar la hipótesis nula, es decir en promedio a los 28 días, la resistencia a la compresión del mortero patrón es igual a la resistencia a la compresión del mortero experimental al 10%.

Analizando la Tabla 53, ubicándonos en los valores de Sig.(bilateral) podemos afirmar que a excepción del mortero patrón de 7 a 28 días y mortero experimental al 15% de 7 a 28 días, de acuerdo al análisis del valor p, en promedio, la resistencia a la compresión del mortero a una edad mayor de curado si es estadísticamente mayor que su resistencia a compresión de su edad anterior de curado, debido a que como el valor $p < 0,05$, se debe aceptar la hipótesis del investigador (H1). Sin embargo, para los dos casos anteriormente mencionados se puede concluir que no existe un aumento significativo con respecto a su resistencia anteriormente evaluada, pues $p > 0.05$ debiendo aceptarse la hipótesis nula (H0).

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Se calcinó y activó la concha de abanico a una temperatura de 890 °C por un tiempo de 2 horas, de igual manera se calcinó y activó la cola de caballo a una temperatura de 390 °C (previa pre calcinación) por un tiempo de 2 horas; esto debido a que a esas temperaturas se podrían obtener posibles cambios estructurales en la composición y propiedades de dichos materiales según DTA.

La composición química del polvo de concha de abanico en su mayor parte es de óxido de calcio con un 99.56% lo cual nos indica que es un material completamente limpio. No obstante, para la ceniza de cola de caballo se obtuvo un 52.73% de óxido de silicio que sumándole a otros óxidos importantes se obtiene un 55.90% de componentes puzolánicos lo cual está 14.10% por debajo de lo que pide la norma ASTM C618 por lo que no puede considerarse como un material puzolánico.

Las muestras evaluadas son altamente alcalinas con excepción de la ceniza de cola de caballo que se obtuvo un pH de 9.86, sin embargo, puesto que estamos empleando una sustitución al 10% y 15%, en donde se obtuvo un pH de 12.36 y 12.81 respectivamente lo cual no está muy alejado del pH del cemento que es de 13.50 se considera aceptable trabajar con las muestras.

Se obtuvo un peso específico relativo de 2.98 para el polvo de concha de abanico, de 2.37 para la ceniza de cola de caballo, de 3.18 para la sustitución del cemento al 10% y de 3.09 para la sustitución del cemento al 15%, lo cual nos lleva a la conclusión de que al incrementar el porcentaje de sustitución del cemento por polvo de concha de abanico y ceniza de cola de caballo esté ira perdiendo peso debido a que estas muestras son menos densos que el cemento, especialmente la ceniza de cola de caballo.

Se llevaron a cabo los ensayos de resistencia a la compresión de morteros patrón y experimental con cemento sustituido en 10% y 15%, obteniéndose a los 3 días a favor del patrón una diferencia de 20% y 26% respectivamente, a los 7 días a favor del patrón una diferencia de 17% para ambos porcentajes de sustitución y a los 28 días una diferencia de 10

% a favor del patrón para el mortero con cemento sustituido en 15% pero una diferencia de 4% a favor del mortero experimental con cemento sustituido en 10%. Se puede apreciar que la ceniza de cola de caballo no reacciona de forma rápida en el proceso de fraguado del mortero lo cual puede deberse al regular porcentaje de SiO_2 o debido a la celulosa que posee este material lo cual retarda el proceso de fragua ganando resistencia en un periodo más tardío.

Se logró una resistencia de 332.3 kg/cm^2 a la edad de 28 días, con la sustitución de 10% del cemento, con una relación a/c de 0.510, que está 4% por encima del mortero patrón, que de mejorar los componentes químicos de la ceniza de cola de caballo es posible utilizar este mortero con fines estructurales.

Recomendaciones

Tratar de optimizar los componentes químicos de la ceniza cola de caballo buscando neutralizar los altos porcentajes de óxido de potasio K_2O (15.58%) y óxido de magnesio MgO (10.67%) con algún tratamiento que no encarezca el producto ni demande mucha energía. Se recomienda realizar un lavado con ácido clorhídrico a la muestra para quitar cualquier impureza en el material según lo indica Carneiro et al. (2015) en su artículo de investigación.

Realizar el curado de los cubos de mortero en una solución alcalina, es decir, sumergirlos en agua y cal saturada en un depósito de almacenaje anticorrosivo y renovar frecuentemente el agua para que permanezca limpia lo cual nos ayudará a obtener mejores resistencias.

Ensayar los cubos de mortero a edades de 60 y 90 días de curado para evaluar su comportamiento y comprobar si el espécimen sigue adquiriendo resistencia pues a medida que pase el tiempo la celulosa ya no afectaría tanto al mortero y este obtendrá su resistencia real, además se podrá ver el efecto de la eflorescencia que es un fenómeno a largo plazo.

Utilizar otras combinaciones de los materiales con el cemento y evaluar su resistencia a la compresión hasta alcanzar una proporción de sustitución óptima. De ser posible utilizar la misma relación agua-cemento para el patrón y experimental para que así ambos especímenes al ser ensayados partan en igualdad de condiciones y podamos descartar el factor a/c.

VI. AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento va dirigido en primera instancia a Dios por otorgarme la vida, guiar mis pasos y porque gracias a Él pude finalizar el presente proyecto, a mis padres porque estoy donde estoy gracias a ellos, quienes supieron inculcarme buenos valores y siempre me apoyaron. Asimismo, agradecer a mis amigos, profesores y demás personas quienes me motivaron, resolvieron todas mis dudas compartiendo sus conocimientos y ayudaron a lo largo de todo el proyecto para que todo esto fuera posible. A todos, gracias por estar siempre conmigo.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbaslou, H., Delnavaz, E., y Ghanizadeh, A. (2018). Analysis of Chloride Diffusivity in Green Concrete Based on Fick's Second Law. *AUT Journal of Civil Engineering*, 3(2) 167-178. doi:10.22060/ajce.2018.14893.5504
- Akarley, D., & Florian, C. (2019). *Caracterización de las propiedades de unidades de albañilería y muretes conformados por bloques de concreto en adición de conchas de abanico* (tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
- American Society for Testing and Materials (ASTM) C670-15, (2015). Standard Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2015, Recuperado de www.astm.org
- American Society for Testing and Materials (ASTM) C618-19, (2019). Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2019, Recuperado de www.astm.org
- Carneiro, M., Magalhães, W., De Muñiz, G., Nisgoski, S., y Satyanarayana, K. (2015). Preparation and Characterization of Nano Silica from Equisetum arvenses. *Bioprocessing & Biotechniques*, 5(2) 1-7. doi:10.4172/2155-9821.1000205
- Estela, J., Falla, M., Miñano, K., Villegas, K., y Vasquez, A. (2016). *Influencia de la ceniza de concha de abanico como adición en morteros respecto al peso del cemento*. (manuscrito no publicado). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Ibañez, D. (2018). Resistencia de mortero sustituyendo al cemento por la combinación de 12% de polvo de concha de coquina y 36% de cenizas de cola de caballo (tesis de pregrado). Universidad San Pedro, Chimbote, Perú.

- INDECOPI (2006). *Normas Técnicas Peruanas*. Lima, Perú: INDECOPI, Recuperado de <https://bit.ly/2RZoWdi>
- Juarez, C. (2002). Concretos base cemento portland reforzados con fibras naturales (Agave lecheguilla), como materiales para construcción en México (tesis doctoral). Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.
- Julian, C., Segura, L., y Jara, W. (2015). Resistencia de nuevos materiales para sustituir el cemento en concreto. *Conocimiento para el desarrollo*, 6(2) 1-8. Recuperado de <https://bit.ly/31tvHqH>
- Julian, C., Flores, G., Cribillero, Y., y Velázquez, W. (2016). *Resistencia de una pasta concha - arcilla de Yacya-Huari* (proyecto de investigación). Universidad San Pedro, Chimbote, Perú.
- Luna, M. (2018). *Resistencia a la compresión de un mortero sustituyendo al cemento por 5% de polvo de Argopecten Purpuratos (concha de abanico) Y 15% de ceniza de briqueta* (tesis de pregrado). Universidad San Pedro, Chimbote, Perú.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2017). *Manual de Ensayo de Materiales*. Recuperado de <https://bit.ly/2OKXP3N>
- Naghizadeh, Z., Faezipour, M., Ebrahimi, G., y Hamzeh, Y. (2015). Effect of a foaming agent and a pozzolan on properties of high silica content fiber–cement composites. *Indian Academy of Wood Science*, 10(2) 15-23. doi: 10.1007/s13196-015-0154-2
- Pasquel, E. (1998). *Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú*. Recuperado de <https://bit.ly/2UuWGAS>
- Reglamento Nacional de Edificaciones (2016). *Norma E.070 Albañilería*. Recuperado de <https://bit.ly/2Skf9xs>

- Rivas E. (2019) *Efecto de la valva de concha de abanico triturada en las propiedades del mortero de albañilería* (tesis de pregrado). Universidad de Piura, Piura, Perú.
- San Bartolomé, A., Quiun, D., y Silva, W. (2011). *Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería*. Lima, Perú: Fondo Editorial Pontífica Universidad Católica del Perú.
- Sapei L. (2007) *Characterisation of Silica in Equisetum hyemale and its Transformation into Biomorphous Ceramics* (tesis doctoral). Universidad de Potsdam, Potsdam, Alemania.
- Velásquez, J. (2018). *Resistencia a la compresión de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, sustituido 15% el cemento por ceniza de cola de caballo* (tesis de pregrado). Universidad San Pedro, Chimbote, Perú
- Villanueva, E., Alvarado, L., Cortez, M., Flores, O., y Gomez, A. (2019). Influencia del porcentaje de conchas de abanico calcinadas sobre las propiedades del mortero. *Revista Científica de Ciencias y Tecnología*, 1(2) 1-5. Recuperado de <https://bit.ly/39claDe>
- Vivancos, J., Deshmukh, R., Grégoire, C., Rémus-Borel, W., Belzile, F., y Bélanger, R. (2016). Identification and characterization of silicon efflux transporters in horsetail (*Equisetum arvense*). *Journal of Plant Physiology*, 200(2) 82-89. doi: 10.1016/j.jplph.2016.06.011
- Zapata, W. (2018). *Resistencia de un mortero con cemento sustituido en 15% por polvo de concha de abanico y ceniza de cáscara de arroz* (tesis de pregrado). Universidad San Pedro, Chimbote, Perú.

Páginas de internet

Antillón, J. (29 de enero de 2016). Uso de Fibras como refuerzo del Hormigón. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://www.hormigonespecial.com/blog/?p=291>

Cáceres, A. (15 de febrero de 2005). Agregados. [Mensaje en un blog]. Recuperado de http://www.acaceres.addr.com/student_access/Agregados.pdf

Cemento. (24 de enero de 2020). En *Wikipedia*. Recuperado de <https://es.wikipedia.org/wiki/Cemento>

Mautino, P., Vega, A., Murillo, A., y Vasquez, G. (Julio de 2009). Conchas de Abanico, [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://conchasdeabanico.blogspot.com/>

Ministerio de la Producción – Dirección General de Políticas y Desarrollo pesquero. (2018) Perú Compendio Estadístico. Recuperado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1635/compendio2018.html

Osorio, J. (27 de junio de 2012) Carbonatación del concreto: ¿cómo detectarla? [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/carbonatacion-del-concreto-como-detectarla>

Osorio, J. (28 de junio de 2013) Resistencia mecánica del concreto y resistencia a la compresión [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://blog.360gradosenconcreto.com/resistencia-mecanica-del-concreto-y-resistencia-a-la-compresion/>

Vogel, A. (2018) Equisetum arvense L. Cola de caballo [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.avogel.es/enciclopedia-de-plantas/equisetum-arvense.php>

VIII. ANEXOS

Anexo N° 01: Análisis Térmico Diferencial



Trujillo, 22 de enero del 2020

INFORME N° 07 - ENE -20

Solicitante: Mendoza Mantilla Jeferson Arturo - Universidad San Pedro

RUC/DNI: 74302960

Supervisor:

1. MUESTRA: Concha de abanico (1 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CA-07E	45.6 mg

2. ENSAYOS A APLICAR

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

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Analizador Térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 45.6 mg.

Jefe de Laboratorio: Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable: Ing. Danny Chávez Novoa

Tel.: 44-203510/949790880 danchavez@hotmail.com / Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria / Trujillo - P.



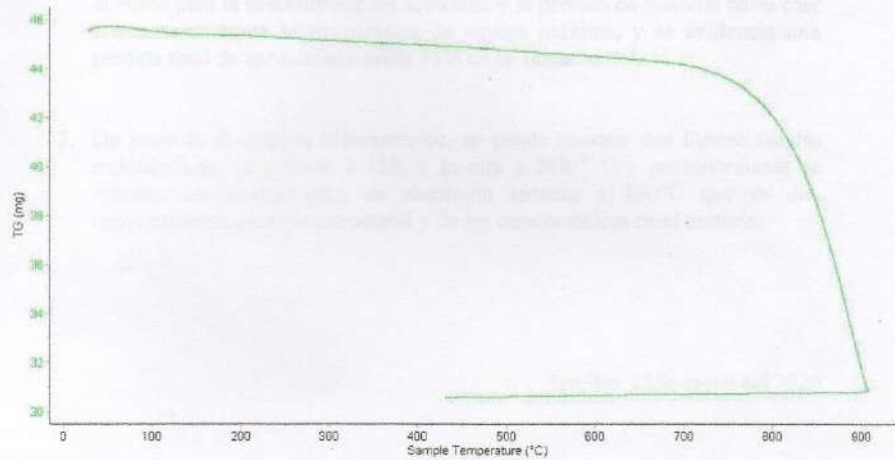


Trujillo, 22 de enero del 2020

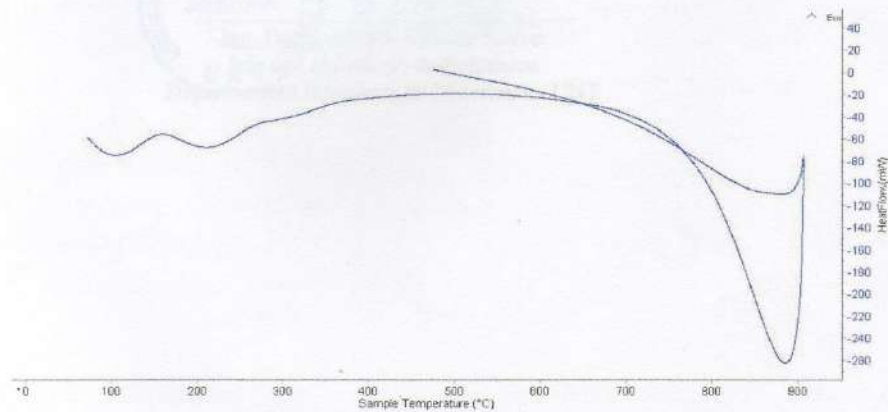
INFORME N° 07 - ENE -20

4. Resultados:

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



II- Curva Calorimétrica ATD



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

Laboratorio de Polímeros D.P.C. L.M.P.
JEFATURA
UNY
[Signature]



Trujillo, 22 de enero del 2020

INFORME N.º 07 - ENE -20

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra una buena estabilidad térmica del material hasta alcanzar los 700°C, temperatura en la cual marca el inicio para la descomposición acelerada y la pérdida de material hasta caer bruscamente hasta la temperatura de ensayo máxima, y se evidencia una pérdida total de aproximadamente 35% de su masa inicial.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar dos ligeras bandas endotérmicas, la primera a 110, y la otra a 210 ° C y posteriormente se muestra un intenso pico de absorción térmica a 890°C que es una temperatura de cambio estructural y de las características en el material.

Trujillo, 22 de enero del 2020



[Handwritten Signature]
Ing. Danny Mejías Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNT



Trujillo, 22 de enero del 2020

INFORME N.º 08 - ENE 20

Solicitante: Mendoza Mantilla Jeferson Arturo - Universidad San Pedro

RUC/DNI: 74302960

Supervisor:

1. MUESTRA: Cola de caballo (1 gr)

Nº de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CC-08E	13.7 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 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 13.7 mg.

Jefe de Laboratorio: Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable: Ing. Danny Chávez Novoa

Tel.: 44-203610/949790880 danchavez@hotmail.com / Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria / Trujillo - Perú



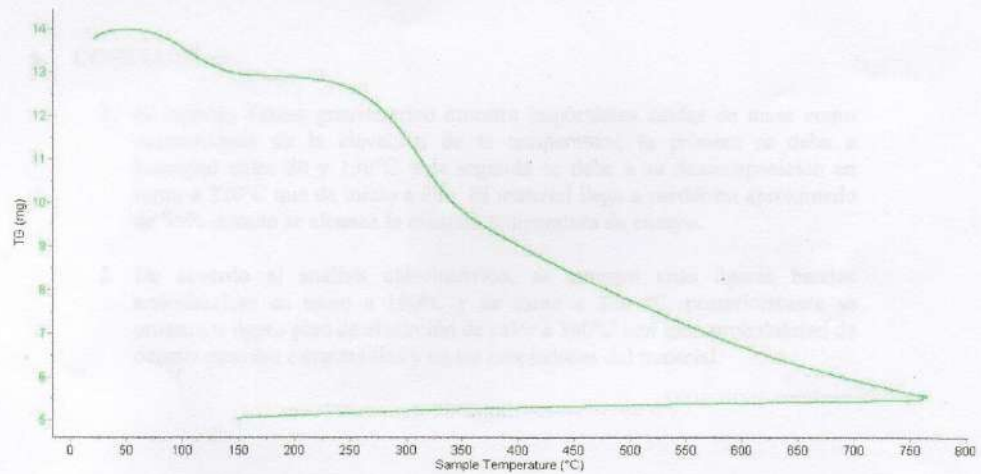


Trujillo, 22 de enero del 2020

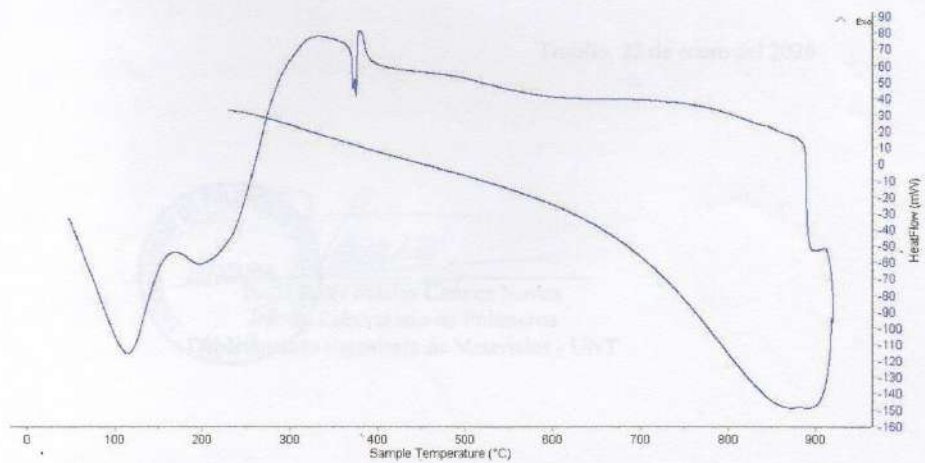
INFORME N° 08 - ENE 20

4. Resultados:

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



II- Curva Calorimétrica ATD



Tel: 44-208510/049790880 damchavez@hotmail.com / Av. Juan Pablo II s/n - Ciudad Universitaria / Trujillo





Trujillo, 22 de enero del 2020

INFORME N° 08 - ENE 20

5. CONCLUSION:

1. El análisis Termo gravimétrico muestra importantes caídas de masa como consecuencia de la elevación de la temperatura, la primera se debe a humedad entre 80 y 130°C y la segunda se debe a su descomposición en torno a 220°C que da inicio a ello. El material llega a perder un aproximado de 65% cuando se alcanza la máxima temperatura de ensayo.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se muestra unas ligeras bandas endotérmicas en torno a 100°C y en torno a 220 °C, posteriormente se muestra u ligero pico de absorción de calor a 390°C con gran probabilidad de ocurrir cambios estructurales y en las propiedades del material.

Trujillo, 22 de enero del 2020



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

Anexo N° 02: Composición Química mediante Fluorescencia de Rayos X



INFORME TÉCNICO N° 0167 – 20 – LABICER

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
 - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : MENDOZA MANTILLA JEFERSON ARTURO
 - 1.2 DNI : 74302960
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
 - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 31 / 01 / 2020
 - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 03 / 02 / 2020
 - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 05 / 02 / 2020
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : COMPOSICIÓN QUÍMICA POR ESPECTROMETRÍA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE DEL ENSAYO**
 - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE POLVO DE CONCHA DE ABANICO PROVENIENTE DE CHIMBOTE CALCINADA A 890 °C POR 2 HORAS Y PASADA POR MALLA N° 200
 - 4.2 TESIS : "RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL MORTERO SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR LA COMBINACIÓN DE POLVO DE CONCHA DE ABANICO Y CENIZA DE COLA DE CABALLO EN 10 % Y 15 %"
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 22.0 °C; Humedad relativa: 65%
7. **EQUIPOS UTILIZADOS** : Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X, SHIMADZU, EDX 800HS.
8. **RESULTADOS**
 - 8.1 **ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA ELEMENTAL**



ELEMENTO	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Calcio, Ca	99,30	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X ⁽¹⁾
Estroncio, Sr	0,43	
Azufre, S	0,26	

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

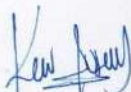
8.2 ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADO EN ÓXIDOS

COMPUESTO	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Óxido de calcio, CaO	99,56	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X ⁽¹⁾
Óxido de estroncio, SrO	0,37	
Óxido de azufre, SO ₃	0,07	

⁽¹⁾ Balance de resultados de óxidos calculados del análisis elemental.

9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

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



Bach. Kevin Sullca
Analista
LABICER -UNI



M. Sc. Otilia Acha de la Cruz
Jefe de Laboratorio
Firmado por:
Ing. Sebastián Lazo Ochoa
CIP 74236

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

ANEXO



Figura 1. Muestra de polvo de concha de abanico.



Figura 2. Equipo de Espectrofotometría de Fluorescencia de Rayos X.



INFORME TÉCNICO N° 0168 – 20 – LABICER

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
 - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : MENDOZA MANTILLA JEFERSON ARTURO
 - 1.2 DNI : 74302960
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
 - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 31 / 01 / 2020
 - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 03 / 02 / 2020
 - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 04 / 02 / 2020
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : COMPOSICIÓN QUÍMICA POR ESPECTROMETRÍA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE DEL ENSAYO**
 - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE CENIZA DE COLA DE CABALLO PROVENIENTE DE SANTA PRE CALCINADA AL AIRE LIBRE Y CALCINADA A 390 °C PASADA POR MALLA N° 200
 - 4.2 TESIS : "RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL MORTERO SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR LA COMBINACIÓN DE POLVO DE CONCHA DE ABANICO Y CENIZA DE COLA DE CABALLO EN 10 % Y 15 %"
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 22.0 °C; Humedad relativa: 65%
7. **EQUIPOS UTILIZADOS** : Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X, SHIMADZU, EDX 800HS.
8. **RESULTADOS**
 - 8.1 **ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA ELEMENTAL**

ELEMENTO	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Silicio, Si	49,05	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X ⁽¹⁾
Calcio, Ca	26,52	
Azufre, S	10,49	
Potasio, K	6,34	
Magnesio, Mg	4,88	
Aluminio, Al	1,25	
Fósforo, P	0,79	
Hierro, Fe	0,45	
Estroncio, Sr	0,15	
Zinc, Zn	0,07	
Bromuro, Br	0,02	

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

8.2 ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADO EN ÓXIDOS

COMPUESTO	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Óxido de silicio, SiO ₂	52,73	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X ⁽¹⁾
Óxido de potasio, K ₂ O	15,58	
Óxido de calcio, CaO	15,37	
Óxido de magnesio, MgO	10,67	
Óxido de aluminio, Al ₂ O ₃	2,72	
Óxido de azufre, SO ₃	1,20	
Óxido de fósforo, P ₂ O ₅	1,17	
Óxido de hierro, Fe ₂ O ₃	0,45	
Óxido de estroncio, SrO	0,07	
Óxido de zinc, ZnO	0,03	
Bromuro, Br	0,01	

⁽¹⁾Balance de resultados de óxidos calculados del análisis elemental.

9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

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



Bach. Kevin Sullca
Analista
LABICER -UNI



M.Sc. Otilia Acha de la Cruz
Jefe de Laboratorio
Firmado por:
Ing. Sebastián Lazo Ochoa
CIP 74236

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

Figura 2. Equipo de Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X.

ANEXO



Figura 1. Muestra de ceniza de cola de caballo.



Figura 2. Equipo de Espectrofotometría de Fluorescencia de Rayos X.

Anexo N° 03: Análisis de pH



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS
CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

“COLECBI” S.A.C.

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

INFORME DE ENSAYO N° 20200206-009

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : MENDOZA MANTILLA JEFERSON ARTURO
DIRECCIÓN : Jr. Aconcagua Mz S Lote 24-Esperanza Alta Chimbote.
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE : NO APLICA
PRODUCTO DECLARADO : ABAJO INDICADO
LUGAR DE MUESTREO : NO APLICA
MÉTODO DE MUESTREO : NO APLICA
PLAN DE MUESTREO : NO APLICA
CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO : NO APLICA
FECHA DE MUESTREO : NO APLICA
CANTIDAD DE MUESTRA : 04 muestras
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En bolsa de polietileno, cerrada.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2020-02-06
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2020-02-06
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2020-02-06
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS : Laboratorio Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI : SS 200206-8

RESULTADOS

MUESTRAS	ENSAYO
	pH
POLVO DE CONCHA DE ABANICO	12,80
CENIZA DE COLA DE CABALLO	9,86
CEMENTO SUSTITUIDO EN 10 % PORPOLVO DE CONCHA DE ABANICO EN 7,5% Y CENIZA DE COLA DE CABALLO 2,5%	12,36
CEMENTO SUSTITUIDO EN 15 % PORPOLVO DE CONCHA DE ABANICO EN 11,25% Y CENIZA DE COLA DE CABALLO 3,75%	12,81

METODOLOGIA EMPLEADA

pH : Potenciométrico.

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras :
Proporcionadas por el Solicitante (X) Muestras por COLECBI S.A.C. ()
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecta al proceso de Dirimencia por su perecibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías : Si () NO (X)
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negrita y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Febrero 07 del 2020.
GVR/jms

A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorios
C.B.P. 326
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIE
Rev. 06
Fecha 2019-07-01

EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN
DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

FIN DEL INFORME

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752
Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com

Anexo N° 04: Ensayos de Laboratorio – Universidad San Pedro

ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO FINO
(ASTM C 136-06)

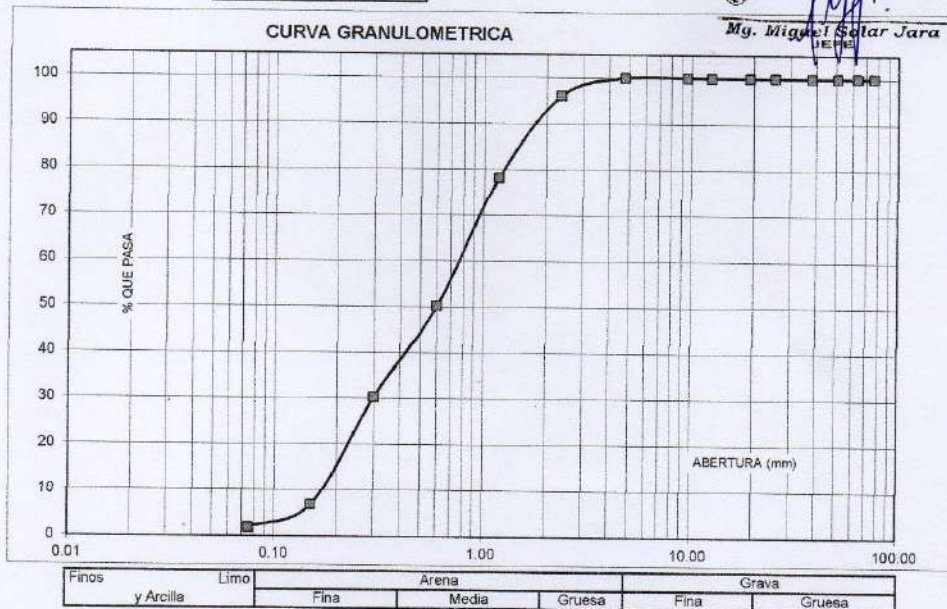
SOLICITA : BACH-MENDOZA MANTILLA JEFERSON ARTURO
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR LA COMBINACION DE POLVO DE CONCHA DE ABANICO(ARGOPecten PURPURATUS) Y CENIZA DE COLA DE CABALLO (EQUISETUM ARVENSE) EN 10% Y 15%
 LUGAR : CHIMBOTE-SANTA- ANCASH
 CANTERA : VESIQUE
 MATERIAL : ARENA GRUESA
 FECHA : 26/06/2020

TAMIZ	Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
N°	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(%)
3"	76.20	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	100.0
5/8"	9.52	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.76	0.0	0.0	100.0
N° 8	2.36	27.00	3.9	96.1
N° 16	1.18	123.00	17.9	78.2
N° 30	0.60	192.00	27.9	50.3
N° 50	0.30	137.00	19.9	30.3
N° 100	0.15	161.00	23.4	6.9
N° 200	0.08	35.00	5.1	1.8
PLATO	ASTM C-117-04	12.50	1.8	0.0
TOTAL		687.5	100.0	

PROPIEDADES FISICAS	
Módulo de Fineza	2.38

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.


 UNIVERSIDAD SAN PEDRO DE CALLO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
 Mg. Miguel Solar Jara
 JEFE



**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS DE
MORTERO-PATRON
(MTC E 616-NTP 334.126)**

SOLICITA : BACH/MENDOZA MANTILLA JEFERSON ARTURO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR LA COMBINACION DE POLVO DE CONCHA DE ABANICO(ARGOPECTEN PURPURATUS) Y CENIZA DE COLA DE CABALLO (EQUISETUM ARVENSE) EN 10% Y 15%
LUGAR : CHIMBOTE-SANTA- ANCASH
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 26/06/2020
RELACION : AGUA / CEMENTO 0.484

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
12.20	12.100	10.16	19.09
12.10			
11.90			
12.20			

OBSERVACIÓN La fluidez se debe encontrar dentro del rango 110 +/-5%


UNIVERSIDAD SAN JUAN DE LOS RIOS
FACULTAD DE INGENIERIA
Escuela de Maestría
Mg. Miguel Solar Jara

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS DE
MORTERO-EXPERIMENTAL
(MTC E 616-NTP 334.126)**

SOLICITA : BACH:MENDOZA MANTILLA JEFERSON ARTURO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR LA COMBINACION DE POLVO DE CONCHA DE ABANICO(ARGOPECTEN PURPURATUS) Y CENIZA DE COLA DE CABALLO (EQUISETUM ARVENSE) EN 10% Y 15%
LUGAR : CHIMBOTE-SANTA- ANCASH
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 26/08/2020
RELACION : AGUA / CEMENTO 0.510

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
12.20	12.125	10.16	19.34
12.00			
12.30			
12.00			

OBSERVACIÓN La fluidez se debe encontrar dentro del rango 110 +/-5%

 UNIVERSIDAD SAN PEDRO DE HUANCABELICA
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA INGENIERIA EN MECANICA
Mg. Miguel Solar Jara
JEFE

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS DE
MORTERO-EXPERIMENTAL**
(MTC E 616-NTP 334.126)

SOLICITA : BACH:MENDOZA MANTILLA JEFERSON ARTURO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR LA COMBINACION DE POLVO
DE CONCHA DE ABANICO(ARGOPECTEN PURPURATUS) Y CENIZA DE COLA DE CABALLO (EQUISETUM ARVENSE)
EN 10% Y 15%
LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 26/06/2020
RELACION : AGUA / CEMENTO 0.523

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
12.00	12.150	10.16	19.59
12.20			
12.10			
12.30			

OBSERVACIÓN La fluidez se debe encontrar dentro del rango 110 +/-5%


UNIVERSIDAD SAN PEDRO DE CALLO
FACULTAD DE INGENIERIA
Escuela de Ingeniería Civil
Mg. Miguel Solar Jara
C.I. 10000000000

DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

(Frasco de Le Chaletier)

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

SOLICITA : BACH.MENDOZA MANTILLA JEFERSON ARTURO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR LA COMBINACION DE POLVO DE CONCHA DE ABANICO(ARGOPECTEN PURPURATUS) Y CENIZA DE COLA DE CABALLO (EQUISETUM ARVENSE) EN 10% Y 15%
MATERIAL : 100% CONCHA DE ABANICO
FECHA : 28/06/2020

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	21.50	21.50
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	21.50	21.50
PESO ESPECIFICO		2.977	2.977
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	(gr / cm3)	2.977	

 UNIVERSIDAD SAN PEDRO
F.A.P. Huancabamba
Escuela de Ingeniería de Materiales
Mg. Miguel Salar Jara
JEPH

DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

(Frasco de Le Chaletelr)

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

SOLICITA : BACH.MENDOZA MANTILLA JEFERSON ARTURO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR LA COMBINACION DE POLVO DE CONCHA DE ABANICO(ARGOPECTEN PURPURATUS) Y CENIZA DE COLA DE CABALLO (EQUISETUM ARVENSE) EN 10% Y 15%
MATERIAL : 100% CENIZA DE COLA DE CABALLO
FECHA : 26/06/2020

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	27.00	27.00
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	27.00	27.00
PESO ESPECIFICO		2.370	2.370
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	(gr / cm3)	2.370	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO DE
FACULTAD DE INGENIERIA
L. S. MONTAÑA
SERVICIO DE INVESTIGACIONES
Ing. Miguel Ángel Taya
DIRECTOR

DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

(Frasco de Le Chaletair)

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

SOLICITA : BACH:MENDOZA MANTILLA JEFERSON ARTURO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR LA COMBINACION DE POLVO DE CONCHA DE ABANICO(ARGOPECTEN PURPURATUS) Y CENIZA DE COLA DE CABALLO (EQUISETUM ARVENSE) EN 10% Y 15%
MATERIAL : 90% DE CEMENTO + 7.5% CONCHA DE ABANICO + 2.5% CENIZA DE COLA DE CABALLO
FECHA : 26/06/2020

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	20.10	20.10
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	20.10	20.10
PESO ESPECIFICO		3.184	3.184
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	(gr / cm3)		3.184

 UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA
Escuela de Ingeniería Civil
Mg. Miguel Ángel Jara
Jara

DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

[Frasco de Le Chateleir]

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

SOLICITA : BACH:MENDOZA MANTILLA JEFERSON ARTURO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR LA COMBINACION DE POLVO DE CONCHA DE ABANICO(ARGOPECTEN PURPURATUS) Y CENIZA DE COLA DE CABALLO (EQUISETUM ARVENSE) EN 10% Y 15%
MATERIAL : 85% DE CEMENTO + 11.25% CONCHA DE ABANICO + 3.75% CENIZA DE COLA DE CABALLO
FECHA : 26/06/2020

PRUEBA N°	01	02
FRASCO N°		
LECTURA INICIAL (ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL (ml)	20.70	20.70
PESO DE MUESTRA (gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO (ml)	20.70	20.70
PESO ESPECIFICO	3.092	3.092
PESO ESPECIFICO PROMEDIO (gr / cm3)	3.092	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO DE
FACULTAD DE INGENIERIA
Materia: Mecánica de Materiales
Mg. Miguel Solís Jara
JEFE

**Anexo N° 05: Ensayos de Resistencia a la Compresión de Morteros – Universidad
Nacional de Ingeniería**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : MENDOZA MANTILLA JEFERSON ARTURO
Obra : TESIS: "RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTERO SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR LA COMBINACIÓN DE POLVO DE CONCHA DE ABANICO(ARGOPECTEN PURPURETAS)Y CENIZA DE COLA DE CABALLO(EQUISETUM ARVENSE)EN 10% Y 15% "
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
Expediente N° : 20-0956
Recibo N° : 70340
Fecha de emisión : 10/03/2020

- 1. DE LA MUESTRA** : Consistente en 09 espécimenes cúbicos.
2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial ELE VERSA TESTER.
 Certificado de Calibración CMC-109-2019
3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 334.051:2013.
4. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²)
1	P1-3	07/03/2020	10/03/2020	25.2	6.473	257
2	P2-3	07/03/2020	10/03/2020	25.0	6.491	260
3	P3-3	07/03/2020	10/03/2020	25.2	6.881	274
4	E1-3(10%)	07/03/2020	10/03/2020	26.2	5.439	208
5	E2-3(10%)	07/03/2020	10/03/2020	26.2	4.788	183
6	E3-3(10%)	07/03/2020	10/03/2020	26.1	4.525	174
7	E1-3(15%)	07/03/2020	10/03/2020	26.2	4.625	177
8	E2-3(15%)	07/03/2020	10/03/2020	26.3	5.406	206
9	E3-3(15%)	07/03/2020	10/03/2020	26.1	4.193	161

5. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.
 Técnico : Sr. J.L.J.

S.S.S



MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe



lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por
ABET Engineering
 Technology
 Accreditation
 Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : MENDOZA MANTILLA JEFERSON ARTURO
Obra : TESIS: RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR LA COMBINACION DEL POLVO DE CONCHA DE ABANICO (ARGOPECTEN PURPURATUS) Y CENIZA DE COLA DE CABALLO (EQUISETUM ARVENSE) EN 10% Y 15%.
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
Expediente N° : 20-0992
Recibo N° : 70376
Fecha de emisión : 13/03/2020

- 1. DE LA MUESTRA** : Consistente en 02 espécimenes cúbicos.
2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial ELE VERSA TESTER.
 Certificado de Calibración CMC-109-2019
3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 334.051:2013.
4. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²)
1	E4 - 3 (10%)	10/03/2020	13/03/2020	26.4	5,506	208
2	E4 - 3 (15%)	10/03/2020	13/03/2020	26.8	4,884	182

5. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.
 Técnico : Sr. J. L. J.

S.S.S



MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú



(511) 381-3343



(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe



lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : MENDOZA MANTILLA JEFERSON ARTURO
Obra : TESIS: RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR LA COMBINACION DEL POLVO DE CONCHA DE ABANICO (ARGOPECTEN PURPURATUS) Y CENIZA DE COLA DE CABALLO (EQUISETUM ARVENSE) EN 10% Y 15%.
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
Expediente N° : 20-1006
Recibo N° : 70393
Fecha de emisión : 13/03/2020

- 1. DE LA MUESTRA** : Consistente en 01 espécimen cúbico.
2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial ELE VERSA TESTER.
 Certificado de Calibración CMC-109-2019
3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 334.051:2013.
4. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²)
1	E5-3 (15%)	10/03/2020	13/03/2020	26.3	5,025	191

5. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.
 Técnico : Sr. J. L. J.

s s s



MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe



lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : MENDOZA MANTILLA JEFERSON ARTURO
 Obra : TESIS: RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR LA COMBINACION DE POLVO DE CONCHA DE ABANICO (ARGOPECTEN PURPURATUS) Y CENIZA DE COLA DE CABALLO (EQUSETUM ARVENSE) EN 10% Y 15%
 Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
 Expediente N° : 20-0973-1
 Recibo N° : 70357
 Fecha de emisión : 12/03/2020

- 1. DE LA MUESTRA** : Consistente en 09 espécimenes cúbicos.
2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial ELE VERSA TESTER. Certificado de Calibración CMC-109-2019
3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 334.051:2013.
4. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²)
1	P1-7	05/03/2020	12/03/2020	25.2	7,501	298
2	P2-7	05/03/2020	12/03/2020	25.1	8,090	322
3	P3-7	05/03/2020	12/03/2020	27.6	7,957	288
4	E1-7 (10%)	05/03/2020	12/03/2020	26.2	6,935	264
5	E2-7 (10%)	05/03/2020	12/03/2020	26.4	6,566	249
6	E3-7 (10%)	05/03/2020	12/03/2020	26.4	6,846	260
7	E1-7 (15%)	05/03/2020	12/03/2020	26.3	6,825	259
8	E2-7 (15%)	05/03/2020	12/03/2020	26.4	6,654	252
9	E3-7 (15%)	05/03/2020	12/03/2020	26.3	6,864	261

5. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.
 Técnico : Sr. J. L. J.

s.s.s



MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : MENDOZA MANTILLA JEFERSON ARTURO
Obra : TESIS: RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR LA COMBINACION DE POLVO DE CONCHA DE ABANICO (ARGOPECTEN PURPURATUS) Y CENIZA DE COLA DE CABALLO (EQUSETUM ARVENSE) EN 10% Y 15%
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
Expediente N° : 20-0973-2
Recibo N° : 70357
Fecha de emisión : 12/03/2020

- 1. DE LA MUESTRA** : Consistente en 09 espécimenes cúbicos.
2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial ELE VERSA TESTER.
 Certificado de Calibración CMC-109-2019
3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 334.051.2013.
4. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²)
1	P1-28	13/02/2020	12/03/2020	25.2	8,178	325
2	P2-28	13/02/2020	12/03/2020	25.2	8,237	327
3	P3-28	13/02/2020	12/03/2020	24.9	7,633	306
4	E1-28 (10%)	13/02/2020	12/03/2020	26.3	8,861	337
5	E2-28 (10%)	13/02/2020	12/03/2020	26.4	8,649	327
6	E3-28 (10%)	13/02/2020	12/03/2020	26.4	8,759	332
7	E1-28 (15%)	13/02/2020	12/03/2020	26.3	7,482	284
8	E2-28 (15%)	13/02/2020	12/03/2020	26.5	8,294	314
9	E3-28 (15%)	13/02/2020	12/03/2020	26.4	7,013	266

5. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.
 Técnico : Sr. J. L. J.

S.S.S



MSE Ing. Isabel Moromi Nakata
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe

lem@uni.edu.pe

Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



Anexo N° 06: Pruebas de Hipótesis

PRUEBA DE NORMALIDAD (SHAPIRO WILK)

Prueba #01

H0: Existe normalidad entre el grupo patrón y experimental al 10% y 15%

H1: No existe normalidad entre el grupo patrón y experimental al 10% y 15%

		Pruebas de normalidad					
Sustitución en %		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a compresión	Patrón	,171	9	,200*	,869	9	,121
	Exp. 10%	,198	9	,200*	,900	9	,253
	Exp. 15%	,242	9	,135	,896	9	,228

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de significación de Lilliefors

ANÁLISIS DE VARIANZA FACTORIAL UNIVARIANTE

Prueba #02

H0: Todas las combinaciones de la muestra son iguales

H1: Por lo menos dos de las combinaciones de la muestra son diferentes

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Resistencia a compresión					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	63305,630 ^a	8	7913,204	52,925	,000
Intersección	1939784,037	1	1939784,037	12973,537	,000
Dosificación	14160,963	2	7080,481	47,355	,000
Curado	43492,519	2	21746,259	145,442	,000
Dosificación * Curado	5652,148	4	1413,037	9,451	,000
Error	2691,333	18	149,519		
Total	2005781,000	27			
Total corregido	65996,963	26			

a. R al cuadrado = ,959 (R al cuadrado ajustada = ,941)

ANALISIS DE VARIANZA (ANOVA)

Prueba #03

H0: No existe diferencias en la resistencia a la compresión de morteros patrón y experimentales a los 3 días.

H1: Existe diferencias en la resistencia a la compresión de morteros patrón y experimentales a los 3 días.

ANOVA					
Resistencia a compresión					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	10816,222	2	5408,111	47,579	,000
Dentro de grupos	682,000	6	113,667		
Total	11498,222	8			

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Resistencia a compresión

HSD Tukey

(I) Sustitución en %	(J) Sustitución en %	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Patrón	Exp. 10%	64,000*	8,705	,001	37,29	90,71
	Exp. 15%	80,333*	8,705	,000	53,62	107,04
Exp. 10%	Patrón	-64,000*	8,705	,001	-90,71	-37,29
	Exp. 15%	16,333	8,705	,225	-10,38	43,04
Exp. 15%	Patrón	-80,333*	8,705	,000	-107,04	-53,62
	Exp. 10%	-16,333	8,705	,225	-43,04	10,38

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

Prueba #14

Prueba #04

H0: No existe diferencias en la resistencia a la compresión de morteros patrón y experimentales a los 7 días.

H1: Existe diferencias en la resistencia a la compresión de morteros patrón y experimentales a los 7 días.

ANOVA					
Resistencia a compresión					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	5868,222	2	2934,111	37,457	,000
Dentro de grupos	470,000	6	78,333		
Total	6338,222	8			

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Resistencia a compresión						
HSD Tukey						
(I) Sustitución en %	(J) Sustitución en %	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Patrón	Exp. 10%	54,000*	7,226	,001	31,83	76,17
	Exp. 15%	54,333*	7,226	,001	32,16	76,51
Exp. 10%	Patrón	-54,000*	7,226	,001	-76,17	-31,83
	Exp. 15%	,333	7,226	,999	-21,84	22,51
Exp. 15%	Patrón	-54,333*	7,226	,001	-76,51	-32,16
	Exp. 10%	-,333	7,226	,999	-22,51	21,84

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

Prueba #05

H0: No existe diferencias en la resistencia a la compresión de morteros patrón y experimentales a los 28 días.

H1: Existe diferencias en la resistencia a la compresión de morteros patrón y experimentales a los 28 días.

ANOVA					
Resistencia a compresión					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3128,667	2	1564,333	6,097	,036
Dentro de grupos	1539,333	6	256,556		
Total	4668,000	8			

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Resistencia a compresión						
HSD Tukey						
(I) Sustitución en %	(J) Sustitución en %	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Patrón	Exp. 10%	-12,667	13,078	,621	-52,79	27,46
	Exp. 15%	31,667	13,078	,113	-8,46	71,79
Exp. 10%	Patrón	12,667	13,078	,621	-27,46	52,79
	Exp. 15%	44,333*	13,078	,034	4,21	84,46
Exp. 15%	Patrón	-31,667	13,078	,113	-71,79	8,46
	Exp. 10%	-44,333*	13,078	,034	-84,46	-4,21

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

PRUEBA DE MEDIAS PARA MUESTRAS INDEPENDIENTES

Prueba #06

H0: En promedio a los 3 días, la resistencia a la compresión del mortero experimental al 10% es igual a la resistencia a la compresión del mortero patrón.

H1: En promedio a los 3 días, la resistencia a la compresión del experimental al 10% es menor a la resistencia a la compresión del mortero patrón.

		Prueba de muestras independientes								
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas				Prueba T para la igualdad de medias				
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior	
Resistencia a compresión	Se asumen varianzas iguales	1,559	,280	6,502	4	,003	64,000	9,843	36,671	91,329
	No se asumen varianzas iguales			6,502	3,367	,005	64,000	9,843	34,521	93,479

Prueba #07

H0: En promedio a los 3 días, la resistencia a la compresión del mortero experimental al 15% es igual a la resistencia a la compresión del mortero patrón.

H1: En promedio a los 3 días, la resistencia a la compresión del mortero experimental al 15% es menor a la resistencia a la compresión del mortero patrón.

		Prueba de muestras independientes								
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Resistencia a compresión	Se asumen varianzas iguales	,425	,550	12,080	4	,000	80,333	6,650	61,870	98,797
	No se asumen varianzas iguales			12,080	3,780	,000	80,333	6,650	61,439	99,228

Prueba #08

H0: En promedio a los 7 días, la resistencia a la compresión del mortero experimental al 10% es igual a la resistencia a la compresión del mortero patrón.

H1: En promedio a los 7 días, la resistencia a la compresión del experimental al 10% es menor a la resistencia a la compresión del mortero patrón.

		Prueba de muestras independientes								
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Resistencia a compresión	Se asumen varianzas iguales	,875	,402	6,414	4	,003	54,000	8,420	30,624	77,376
	No se asumen varianzas iguales			6,414	3,369	,005	54,000	8,420	28,793	79,207

Prueba #09

H0: En promedio a los 7 días, la resistencia a la compresión del mortero experimental al 15% es igual a la resistencia a la compresión del mortero patrón.

H1: En promedio a los 7 días, la resistencia a la compresión del mortero experimental al 15% es menor a la resistencia a la compresión del mortero patrón.

		Prueba de muestras independientes								
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Resistencia a compresión	Se asumen varianzas iguales	2,969	,160	7,121	4	,002	54,333	7,630	33,148	75,519
	No se asumen varianzas iguales			7,121	2,574	,009	54,333	7,630	27,611	81,056

Prueba #10

H0: En promedio a los 28 días, la resistencia a la compresión del mortero patrón es igual a la resistencia a la compresión del mortero experimental al 10%.

H1: En promedio a los 28 días, la resistencia a la compresión del mortero patrón es menor a la resistencia a la compresión del mortero experimental al 10%.

		Prueba de muestras independientes								
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior		Superior
Resistencia a compresión	Se asumen varianzas iguales	3,834	,122	-1,738	4	,157	-12,667	7,288	-32,901	7,567
	No se asumen varianzas iguales			-1,738	2,719	,190	-12,667	7,288	-37,273	11,940

Prueba #11

H0: En promedio a los 28 días, la resistencia a la compresión del mortero experimental al 15% es igual a la resistencia a la compresión del mortero patrón.

H1: En promedio a los 28 días, la resistencia a la compresión del mortero experimental al 15% es menor a la resistencia a la compresión del mortero patrón.

		Prueba de muestras independientes								
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Resistencia a compresión	Se asumen varianzas iguales	1,375	,306	2,010	4	,115	31,667	15,755	-12,076	75,410
	No se asumen varianzas iguales			2,010	2,840	,143	31,667	15,755	-20,113	83,446

PRUEBA DE MEDIAS PARA MUESTRAS RELACIONADAS

Prueba #12

H0: La resistencia a la compresión promedio de un mortero a una determinada edad es igual a la resistencia a la compresión promedio del mismo mortero a una edad anterior.

H1: La resistencia a la compresión promedio de un mortero a una determinada edad es mayor a la resistencia a la compresión promedio del mismo mortero a una edad anterior.

		Prueba de muestras emparejadas							
		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	fm_patron_28 - fm_patron_7	7,667	18,148	10,477	-37,414	52,748	,732	2	,540
Par 2	fm_patron_7 - fm_patron_3	48,000	12,124	7,000	17,881	78,119	6,857	2	,021
Par 3	fm_exp10%_28 - fm_exp10%_7	74,333	3,215	1,856	66,348	82,319	40,052	2	,001
Par 4	fm_exp10%_7 - fm_exp10%_3	58,000	7,211	4,163	40,087	75,913	13,931	2	,005
Par 5	fm_exp15%_28 - fm_exp15%_7	30,333	29,366	16,954	-42,615	103,281	1,789	2	,215
Par 6	fm_exp15%_7 - fm_exp15%_3	74,000	6,928	4,000	56,789	91,211	18,500	2	,003

Anexo N° 07: Panel Fotográfico



Figura N° 01. Recolección de concha de abanico



Figura N° 02. Recolección de cola de caballo



Figura N° 03. Recolección de arena natural



Figura N° 04. Lavado de concha de abanico



Figura N° 05. Lavado y secado de cola de caballo



Figura N° 06. Análisis Térmico Diferencial de materia prima



Figura N° 07. Gradación de la arena



Figura N° 08. Calcinación de la concha de abanico



Figura N° 09. Activación mecánica del polvo de concha de abanico



Figura N° 10. Polvo de concha de abanico pasado por la malla #200



Figura N° 11. Pre calcinación de la cola de caballo



Figura N° 12. Calcinación de la cola de caballo



Figura N° 13. Activación mecánica de la ceniza de cola de caballo

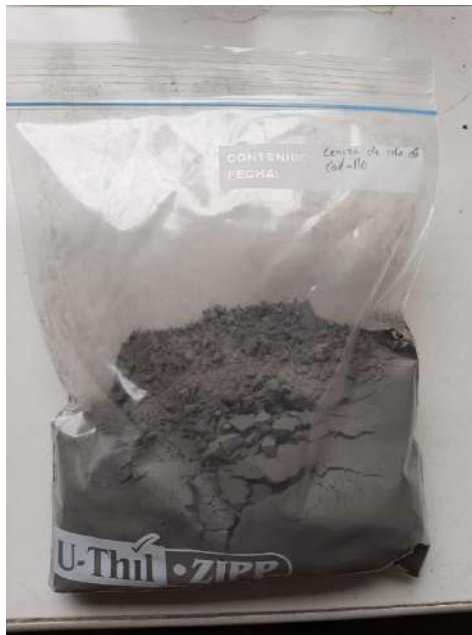


Figura N° 14. Ceniza de cola de caballo pasada por la malla #200



Figura N° 15. Cuarteo de arena gradada



Figura N° 16. Homogenización de arena gradada



Figura N° 17. Análisis de composición química - UNI



Figura N° 18. Muestras para análisis de Ph



Figura N° 19. Tamizado de arena natural por la malla # 4 para el ensayo de agregado fino



Figura N° 20. Cuarteo de la arena para el ensayo de agregados



Figura N° 21. Contenido de humedad del agregado fino



Figura N° 22. Peso unitario suelto del agregado fino



Figura N° 23. Peso unitario compactado del agregado fino



Figura N° 24. Gravedad específica y absorción del agregado fino

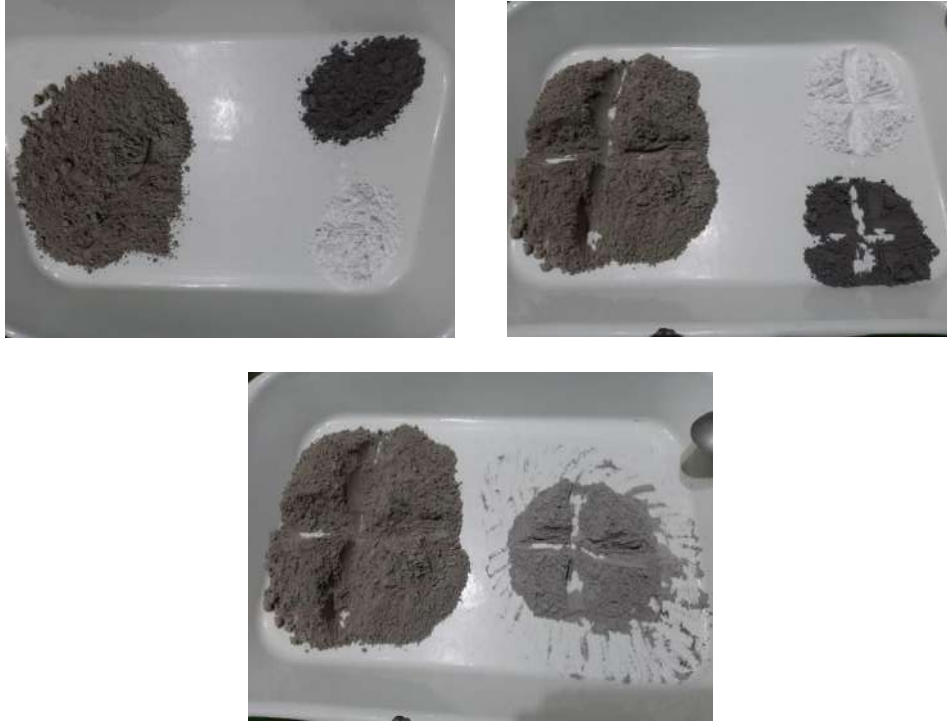


Figura N° 25. Cuarteo de cemento – polvo de concha de abanico – ceniza de cola de caballo



Figura N° 26. Homogenización de cemento + polvo de concha de abanico + ceniza de cola de caballo



Figura N° 27. Ensayo de peso específico



Figura N° 28. Peso específico del cemento sustituido en 10% y 15%



Figura N° 29. Peso específico del polvo de concha de abanico y ceniza de cola de caballo



Figura N° 30. Ensayo de fluidez en la mesa de flujo



Figura N° 31. Fluidez de mortero patrón, experimental sustituido al 10% y experimental sustituido al 15%

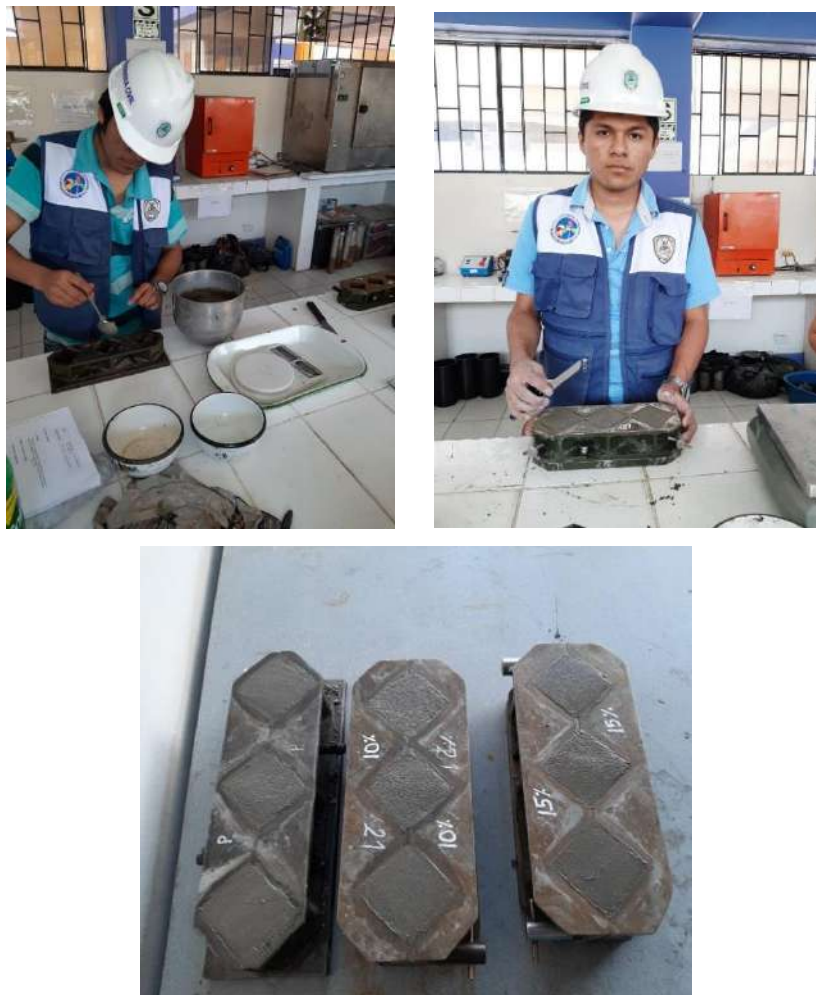


Figura N° 32. Elaboración de mortero patrón, experimental sustituido al 10% y experimental sustituido al 15%



Figura N° 33. Curado de morteros



Figura N° 34. Lecturas de carga en kilonewton (kN) para mortero patrón, experimental al 10% y experimental al 15% a los 3 días de curado



Figura N° 35. Modos de falla en mortero patrón, experimental al 10% y experimental al 15% a los 3 días de curado

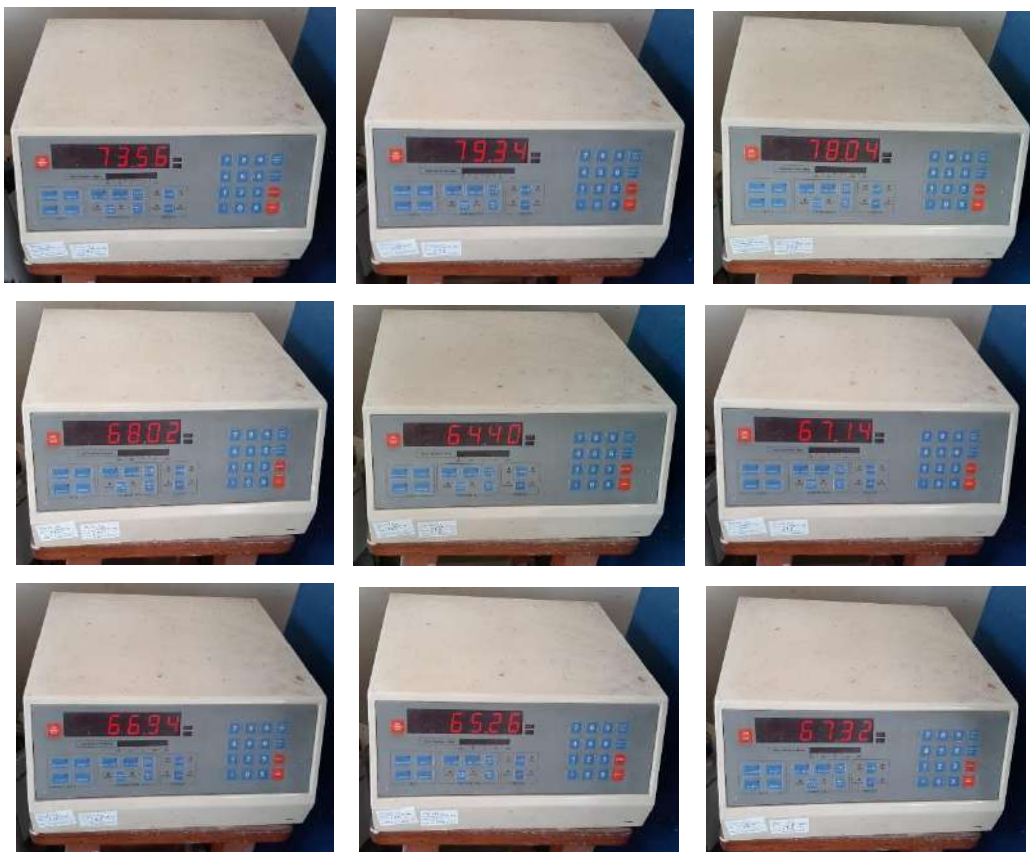


Figura N° 36. Lecturas de carga en kilonewton (kN) para mortero patrón, experimental al 10% y experimental al 15% a los 7 días de curado



Figura N° 37. Lecturas de carga en kilonewton (kN) para mortero patrón, experimental al 10% y experimental al 15% a los 28 días de curado



Figura N° 38. Modos de falla en mortero patrón, experimental al 10% y experimental al 15% a los 7 y 28 días de curado



Figura N° 39. Medición y pesado del mortero patrón, experimental al 10% y experimental al 15% a los 3, 7 y 28 días de curado



Figura N° 40. Máquina de Ensayo Uniaxial ELE VERSA TESTER calibrado en agosto del 2019