

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Conductividad térmica y resistencia a compresión de una pasta sustituyendo el cemento en 10% y 20% por polvo de cáscara de arroz y ceniza de residuos calcáreos de conchas de abanico, Ancash-2018.

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil

Autor:

Santiago Barrios, David Elvis

Asesor:

Flores Reyes, Gumercindo

Chimbote – Perú

2019

Palabras Clave:

Tema	Conductividad térmica y resistencia a compresión
Especialidad	Materiales de la construcción

Keywords:

Theme	Thermal conductivity and compressive strength
Specialty	Building materials

Línea de investigación:

Programa	Ingeniería civil
Línea de Investigación	Construcción y Gestión de la Construcción
OCDE	2. Ingeniería y tecnología 2.1. Ingeniería civil Ingeniería de la Construcción
Sub-línea o Campo de la Investigación	Materiales de la Construcción Tecnología de la Construcción y Procesos Constructivos

TITULO

**CONDUCTIVIDAD TÉRMICA Y RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE
UNA PASTA SUSTITUYENDO EL CEMENTO EN 10% Y 20% POR
POLVO DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE RESIDUOS
CALCÁREOS DE CONCHAS DE ABANICO**

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tuvo por objetivo evaluar la capacidad de conductividad térmica y la resistencia a compresión de una pasta cementante, sustituyendo el 30% del cemento por un compuesto, formando por el 10% y 20% de polvo de cáscara de arroz y ceniza de residuos calcáreos de conchas de abanico. El estudio se realizó en la ciudad de Chimbote en el año 2018, se utilizó cáscara de arroz por su alto contenido en sílice que posee alta resistencia térmica, el residuo calcáreo de la concha de abanico fue utilizado por su alta concentración de carbonato de calcio, y mediante una activación térmica, pasa a su fase activa como óxido de calcio, contribuyendo así a mejorar la resistencia a la compresión de la pasta experimental, con el fin de obtener valores de resistencia a compresión similares a las convencionales.

La metodología de la presente investigación consistió en caracterizar la cáscara de arroz y los residuos calcáreos de conchas de abanico, por lo cual, se activó mecánicamente la cáscara de arroz hasta obtener un tamaño de partícula de 75 μ m, con respecto a los residuos calcáreos, se activaron térmicamente a una temperatura de 800°C por 4 horas, y se redujo las cenizas hasta un tamaño de partícula de 75 μ m, finalmente se realizó la medición del pH en el compuesto y en cada componente por separado según las proporciones establecidas en el proyecto. Las pastas fueron mezcladas siguiendo las recomendaciones de la NORMA TÉCNICA PERUANA (NTP 331.003), se elaboraron 18 probetas, 9 patrón y 9 experimentales; ambos grupos se curaron durante 28, 60 y 90 días. Los resultados más prometedores para la conductividad térmica y resistencia a compresión se lograron a los 28 y 60 días de curado. Al comparar la resistencia a compresión y conductividad térmica entre las pastas según el nivel de sustitución y el tiempo de curado, el análisis de varianza de un factor, indica que los valores de las resistencias y conductividad son significativas y reproducibles.

ABSTRACT

The purpose of this research project was to evaluate the thermal conductivity capacity and compressive strength of a cementitious paste, replacing 30% of the cement with a compound, forming 10% and 20% of rice husk and ash dust of limestone residues of fan shells. The study was carried out in the city of Chimbote in the year 2018, rice husk was used due to its high silica content that has high thermal resistance, the calcareous residue of the fan shell was used for its high concentration of calcium carbonate, and by thermal activation, it goes into its active phase as calcium oxide, thus contributing to improve the compressive strength of the experimental paste, in order to obtain compressive strength values similar to conventional ones.

The methodology of the present investigation consisted of characterizing the rice husk and the calcareous residues of fan shells, therefore, the rice husk was mechanically activated until a particle size of 75 μm was obtained, with respect to the calcareous residues, they were thermally activated at a temperature of 800 ° C for 4 hours, and the ashes were reduced to a particle size of 75 μm , finally the pH was measured in the compound and each component separately. The pastes were mixed following the recommendations of the PERUVIAN TECHNICAL STANDARD (NTP 331.003), 18 specimens, 9 standard and 9 experimental were developed; both groups were cured for 28, 60 and 90 days. The most promising results for thermal conductivity and compressive strength were achieved after 28 and 60 days of curing. When buying the resistance to compression and thermal conductivity between the pastes according to the level of substitution and the curing time, the analysis of variance of a factor, indicates that the values of the resistances and conductivity are significant and reproducible.

Índice

Tema	Página N°
Palabras claves: en español e inglés – Línea de investigación	i
Título	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Índice	v
I. Introducción	1
II. Metodología	21
III. Resultados	28
IV. Análisis y discusión	50
V. Conclusiones y recomendaciones	54
VI. Agradecimiento	56
VII. Referencias bibliográficas	57
VIII. Anexos	60

Lista de Tablas

Descripción	Página N°
Tabla 1. Composición química del cemento portland tipo I	9
Tabla 2. Composición química de la cáscara de arroz	12
Tabla 3. Conductividad térmica de algunos materiales aislantes	13
Tabla 4. Análisis químico de la concha de abanico	15
Tabla 5. Límites permisibles para el agua de mezcla y curado	16
Tabla 6. Diseño de Investigación	22
Tabla 7. Resultados de la composición química de la ceniza de concha de abanico	29
Tabla 8. Composición química de la mezcla (70% cemento portland tipo I+10% polvo de cáscara de arroz+20% ceniza de concha de abanico)	30
Tabla 9. Resultados del grado de alcalinidad de elementos que componen la pasta	31
Tabla 10. Resultados del peso específico	32
Tabla 11. Proporción cemento/concha de abanico-cáscara de arroz	32
Tabla 12. Registro de pesos de las muestras experimentales y patrón	33
Tabla 13. Resultado de conductividad térmica de muestra patrón a edad de 28 días	34
Tabla 14. Resultados conductividad térmica de muestra patrón a edad de 60 días	34
Tabla 15. Resultados conductividad térmica de muestra patrón a edad de 90 días	35
Tabla 16. Resultados conductividad térmica de muestra experimental a edad de 28 días	36
Tabla 17. Resultados conductividad térmica de muestra experimental a edad de 60 días	36
Tabla 18. Resultados conductividad térmica de muestra experimental a edad de 90 días	37
Tabla 19. Resultados de conductividad térmica patrón y experimental	38
Tabla 20. Variación porcentual de la conductividad térmica en las pastas en función a la edad	38
Tabla 21. Variación porcentual de la conductividad térmica en las pastas patrón vs experimental	38
Tabla 22. Resultados de resistencia a compresión de pasta patrón a los 28 días	40
Tabla 23. Resistencia a compresión de pasta patrón a los 60 días	40
Tabla 24. Resistencia a compresión de pasta patrón a los 90 días	40
Tabla 25. Resistencia a compresión de pasta experimental a los 28 días	41
Tabla 26. Resistencia a compresión de pasta experimental a los 60 días	41
Tabla 27. Resistencia a compresión de pasta experimental a los 90 días	42
Tabla 28. Resultados de resistencia a compresión patrón y experimental	43
Tabla 29. Variación porcentual de la resistencia a compresión de las pastas en función a la edad.	43
Tabla 30. Variación porcentual de la resistencia a compresión en las pastas	

patrón vs experimental	43
Tabla 31. Resultados de resistencia a compresión, conductividad térmica patrón y experimental	45
Tabla 32. Resultados del grado de correlación entre Conductividad térmica y resistencia a compresión	45
Tabla 33. Resumen de procesamiento de casos conductividad térmica	46
Tabla 34. Análisis descriptivos conductividad térmica patrón y experimental	46
Tabla 35. Pruebas de Normalidad de la Conductividad Térmica	47
Tabla 36. ANOVA de la Conductividad Térmica	47
Tabla 37. Resumen de procesamiento de casos de la resistencia a compresión	48
Tabla 38. Resultados del Análisis descriptivos Resistencia compresión patrón y experimental	48
Tabla 39. Resultados de Pruebas de Normalidad de la Resistencia a compresión	48
Tabla 40. ANOVA de la Resistencia a compresión	49

Lista de Figuras

Descripción	Página N°
Figura 1. Analizador de Conductividad Térmica C-THERM CTi	8
Figura 2. Esquema del proceso de biomineralización de la cáscara de arroz	14
Figura 3. Esquema del proceso de biomineralización de la cáscara de arroz	14
Figura 4. Hidratación del cemento en el tiempo	18
Figura 5. Paleta mezcladora	19
Figura 6. Recipiente de mezcla	19
Figura 7. Análisis termogravimétrico	28
Figura 8. Análisis térmico calorimétrico de barrido de la concha de abanico	29
Figura 9. Grado de alcalinidad de los materiales de trabajo	31
Figura 10. Conductividad térmica promedio pasta patrón	35
Figura 11. Conductividad térmica promedio pasta experimental	37
Figura 12. Conductividad térmica promedio patrón vs experimental	39
Figura 13. Conductividad térmica promedio patrón y experimental	39
Figura 14. Resistencia a compresión patrón	41
Figura 15. Resistencia a compresión pasta experimental	42
Figura 16. Resistencia a compresión promedio pasta patrón y experimental	44
Figura 17. Resistencia a compresión promedio pasta patrón y experimental	44

I. INTRODUCCIÓN

Jeffrey, H., & Thomas, J. (2009) desarrollaron la investigación titulada “Materials of Cement Science Primer: The Science of Concrete” la cual tiene por objetivo analizar las propiedades mecánicas de la pasta de cemento variando la relación agua cemento desde 0.45 hasta 0.50. Siendo dicha investigación del tipo Aplicada y diseño Experimental de nivel Cuasi-Experimental la cual concluyo que la relación A/C optima es 0.45 que permite obtener una pasta más resistente a las diversas formas de degradación obteniendo con esta relación una resistencia mecánica de 300kg/cm².

Mikuli , D., Milovanovi , B., & Gabrijel, I. (2013) desarrollaron la investigación titulada “Analysis of thermal properties of cement paste during setting and hardening” la cual tiene por objetivo evaluar la variación de la conductividad térmica en una pasta de cemento con una relación a/c =0.30 desde el inicio del fraguado, aplicando el método del principio del disco caliente. Se realizaron mediciones en tres periodos, la primera a un tiempo cero obteniéndose valores entre 1,4 - 1,5 W /mk, la segunda aproximadamente 4 horas después de la mezcla obteniéndose una disminución con un valor promedio de 1.2 W /mk y la última medición se dio después de las 12 horas registrándose una mínima disminución con el valor de 1.1 W /mk, pasada las 24 horas no se registraron cambios significativos en la conductividad térmica de la pasta de cemento. Siendo dicha investigación del tipo Aplicada y diseño Experimental de nivel Cuasi-Experimental la cual concluyo que a medida que pasa el tiempo la conductividad aumenta debido a que el agua se va evaporando dejando pequeños vacíos llamados poros en la estructura de la pasta.

Villegas, C. (2012) desarrollo la investigación titulada “Uso de cascarilla de arroz para construir viviendas seguras a bajo costo” la cual tiene por objetivo masificar el uso de la cascarilla de arroz incinerada y molida como un importante componente para fabricar materiales de construcción que permitan edificar en el futuro viviendas seguras y de bajo costo en diversas zonas del país. La agencia Andina, explicó que la cascarilla de arroz es un desecho agroindustrial que se puede aprovechar para sustituir una parte del cemento y reducir el gasto de producción de ladrillos, tejados, techos pre fabricados, adoquines, morteros, etc. Se concluyó que este componente de origen

natural tiene la capacidad de otorgarle cierta elasticidad a los ladrillos y bloques de concreto para las construcciones, e incluso ser un buen aislante térmico, lo que les brinda un mejor comportamiento durante un eventual sismo.

Flores, L., y Mazza, J. (2014) desarrollaron la investigación titulada “Utilización de residuos de conchas de abanico como mejoramiento en las propiedades resistentes del concreto” la cual tiene por objetivo determinar la resistencia a la compresión de muestras de concreto con la adición de diferentes proporciones de ceniza de conchas de abanico y compararlas con la resistencia de una mezcla convencional. Siendo dicha investigación del tipo Aplicada y diseño Experimental de nivel Cuasi-Experimental la cual concluyo que la sustitución óptima del cemento por conchas de abanico era de un 5%, ya que mayores proporciones saturan la mezcla de óxidos de calcio y disminuye la resistencia a la compresión.

Julián C., Segura, L., y Jara, W. (2015) desarrollaron la investigación titulada “Resistencia de nuevos materiales para sustituir el cemento en concreto” la cual tiene por objetivo determinar la resistencia en compresión de un concreto; en el cual, el cemento fue sustituido en porcentajes de 5%, 10% y 15%; por separado, para cada uno de los materiales investigados, residuos de *Argopecten purpuratus* “concha de abanico”, hojas secas de bambú y, vidrio reciclado. Siendo dicha investigación del tipo Aplicada y diseño Experimental de nivel Cuasi-Experimental. La metodología consistió en triturar la concha de abanico a 0.30 mm, luego calcinarlo a 900°C por 4 horas, y finalmente molerlo por 3 horas hasta 0.15 mm. Las hojas secas del bambú fueron quemados a cielo abierto, luego se requemaron a 600°C durante 2 horas, y se molieron por 3 horas hasta 0.15 mm. El vidrio reciclado fue molido por 8 horas hasta 0.15 mm. Los resultados más prometedores por material y nivel de sustitución correspondieron al 5% para los residuos de la concha de abanico, al 10% para las hojas secas de bambú y, 10% para el vidrio reciclado.

Santa Gadea., L. (2016) desarrolló la investigación titulada “Conductividad térmica de una pasta de cemento-arcilla, en la cual la arcilla ha sido sustituida en 5% y 10% por polvo de cáscara de arroz.” la cual tiene por objetivo evaluar la conductividad térmica de una pasta de cemento portland sustituyendo arcilla activada térmicamente en 40%

y 45% y por polvo de cáscara de arroz en 10% y 5%. Las pastas curadas durante 28 días y posteriormente activada térmicamente a una temperatura de 400°C durante 30 minutos fueron ensayadas con el equipo Analizador de conductividad térmica C-Therm TCI. Siendo dicha investigación del tipo Aplicada y diseño Experimental de nivel Cuasi-Experimental la cual concluyo que la sustitución más óptima fue la proporción 50% cemento-40% arcilla-10% polvo de cáscara de arroz con un valor de conductividad térmica de 0.2235 W/mk.

Santiago., D. (2017) desarrolló la investigación titulada “Resistencia térmica y mecánica de una pasta de cemento sustituyendo 5% y 10% del cemento por polvo de cáscara de arroz” la cual tiene por objetivo evaluar la resistencia térmica y mecánica de una pasta de cemento convencional al sustituir 5% y 10% por polvo de cáscara de arroz. Siendo dicha investigación del tipo Aplicada y diseño Experimental de nivel Cuasi-Experimental. La cual concluyo que el porcentaje de sustitución óptimo fue el de 5% obteniéndose resistencia a la compresión y conductividad térmica en el orden de 100 kg/cm² y 0.2453 W/mk respectivamente.

A lo largo de los años en la industria de la construcción, debido al calentamiento global, al no disponer de recursos renovables y la crisis económica, se ha generado una nueva línea de investigación que busca usar residuos naturales de bajo costo y alta calidad para sustituciones parciales en cemento para su uso en obras civiles.

Al ser Perú un país con una gran e importante biodiversidad, la generación de residuos agrícolas es significativa y no se ha desarrollado en todos los casos nuevos procedimientos para la utilización practica de estos como es el caso de la cáscara de arroz que actualmente es quemado y arrojado a los ríos por no existir una opción viable de utilización final del producto, con lo cual lejos de dar solución a los efectos del cambio climático lo atenúa.

De acuerdo a MINAGRI (2018) en el periodo 2016-2017 la producción anual de arroz cáscara fue alrededor de 3 130,000 tn. Considerando esta producción y lo reportado por Kapur (1980) que la cáscara de arroz o pajilla generada en el proceso de pilado de arroz representa 20% del peso total, entonces se proyecta para el periodo mencionado una producción de cáscara de arroz en un orden de 626,000 tn.

Según Produce (2018) en el periodo 2016-2017 la producción anual de conchas de abanico fue alrededor de 30 396 tn. Considerando que el residuo calcáreo de la concha de abanico representa un 50%, se proyecta una producción de residuo en el orden de 15 183 tn.

Así mismo se aprovecha una buena capacidad aislante de la ceniza de cáscara de arroz que posee un valor de conductividad térmica que varía entre 0.01-0.15 w/mk, y el alto contenido de calcio de las conchas de abanico, para poder crear materiales con propiedades termoaislantes de resistencia mecánica aceptable.

Esta investigación busca analizar la relación entre la resistencia térmica y mecánica de las pastas sustituidas con polvo de cáscara de arroz en 10% y ceniza de conchas de abanico en 20% para generar un material con baja conductividad térmica y que cumpla los parámetros mínimos de resistencia mecánica para pastas.

Formulación del Problema

A nivel internacional, según la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el arroz es el segundo cereal de mayor producción en el mundo, por detrás del trigo. Los 113 países que lo cultivan producen cada año 400 millones de toneladas de grano, la mitad de las cuales proceden de China. Sin embargo, las elevadas cifras de producción de arroz están trayendo consigo consecuencias nefastas para el medio ambiente y para quienes viven alrededor: la quema de la paja produce gases de efecto invernadero y serias afecciones respiratorias.

Ante esta problemática la Unión Europea (UE) en el 2008 ha prohibió la quema de estos residuos agrícolas por su alto efecto contaminante y emplazó a las autoridades locales a adoptar una solución al respecto. Ante esta medida los agricultores optaron por tirar los desechos a los ríos, pero el proceso de descomposición de este material orgánico acaba con prácticamente todo el oxígeno existente en el agua y, por tanto, causa una gran mortandad de peces, genera hedor y provoca elevadas emisiones de gas metano a la atmósfera, esta situación no ha sido tomada en cuenta por las autoridades de la UE.

Puesto que la quema de cáscara de arroz a tratado de evitarse, situaciones similares a esta se repiten con frecuencia en el Valle Imperial de California, o en el de Mexicali, al norte de México. También en Colombia, en Perú y en algunos otros países productores de América Latina. El problema de los residuos derivados del cultivo del arroz parece, pues, un callejón sin salida.

Debido a esta problemática en los últimos años se ha venido buscado usos prácticos y productivos para la cáscara de arroz, tal es que en 1985 en España se estudió las propiedades térmicas de un material que se obtenía con la mezcla de cemento portland, cáscara de arroz y puzolanas para darle uso como material aislante. También en el 2012 en Ecuador se estudió la conductividad térmica de un material producido a partir de cascarilla de arroz aglomerada utilizando almidón producido con *saccharomyces cerevisiae*, así mismo también en Colombia se promueve la utilización de este desecho como material de abono para la tierra, en España existe un proyecto, aún en fase de prueba, para producir energía eléctrica mediante la fabricación de biogás a través de un proceso de fermentación controlada de la paja, por su lado El Instituto de Investigación Agraria de Japón recientemente ha sugerido la posibilidad de crear bioetanol a partir de la cáscara de arroz.

Cabe resaltar que las soluciones medioambientalmente sostenibles casi siempre se encuentran con dos problemas. En primer lugar, su elevado costo. Ni los gobiernos ni la iniciativa privada están dispuestos a asumir un gasto cuyos beneficios no son reportables a corto o medio plazo. Fuentes consultadas por BBC Mundo explican que la mentalidad de los agricultores también supone a veces una traba importante. Acostumbrados a las prácticas tradicionales, a muchos de ellos les cuesta llevar a cabo soluciones con un menor impacto para el medio ambiente.

A nivel nacional, en promedio se genera 400,000 ton anuales de arroz y genera grandes desechos de cáscara de arroz que contaminan fuertemente el medioambiente producción gases de efecto invernadero por la quema de este desecho. El gobierno, mediante el Plan Nacional de Agroenergía, estableció la obligatoriedad de eliminar los rastrojos, ya fuera a través de la quema o de su reutilización con fines ganaderos, pero debido a una gran falta de fiscalización se viene haciendo caso omiso a esta normativa.

Por otra lado se sigue buscando la manera de darle un uso productivo a este desecho ya sea como abono o para la creación de nuevos materiales de construcción de brinden un confort térmico en las viviendas en tal sentido la Universidad Nacional de Ingeniería ha venido estudiando la ceniza de cáscara de arroz y la cáscara entera como nuevos materiales aplicables en la construcción, dicha universidad propone usar la porosidad que puede dejar la cascarilla en los materiales de construcción para su aprovechamiento como aislante térmico , cabe recalcar que en el Perú ya existe una normativa que da parámetros para la construcción con condiciones de confort térmico que sugieren el uso de materiales aislantes, pero a pesar de esto es muy poco difundida esta normatividad ya que carece de una normativa de uso obligatorio.

En función a todo lo mencionado se plantea el siguiente problema de investigación:

¿En qué medida una pasta de cemento sustituido parcialmente por 10% de polvo de cáscara de arroz y 20% de ceniza de concha de abanico originaria un material con baja conductividad térmica que cumpla con los parámetros mínimos de resistencia a compresión para pastas?

Marco referencial

“En realidad no existen aislantes perfectos, sino cuerpos malos conductores de calor y capaces de frenar la intensidad de un flujo térmico. Están caracterizadas por un bajo coeficiente de conductividad. La casi totalidad de materiales llamados aislantes responden a esta definición.” (Rougeron, 1977, p.51)

Para entender el concepto de conductividad térmica, es necesario comprender que es la transferencia de calor “es la forma de energía que se puede transferir de un sistema a otro como resultado de la diferencia de temperatura. La transferencia de energía como calor siempre se produce del medio que tiene la temperatura más elevada hacia el de temperatura más baja, y la transferencia de calor se detiene cuando los dos medios alcanzan la misma temperatura”. (Cengel, 2007, p.17).

La conductividad térmica es la medida de un material para conducir el calor que podemos definirla como “la razón de transferencia de calor a través de un espesor

unitario del material por unidad de área por unidad de diferencia de temperatura, cuyas unidades se expresan en Vatios por metro y grado Kelvin (W/mk)". (Cengel, 2007, p.19).

= —

K: coeficiente de conductividad térmica [W/mk]

q : velocidad de flujo de calor [W/m²]

L : grosor del espécimen [L]

T: temperatura [K]

Metodología de medición de la conductividad térmica: Existen distintas metodologías de ensayo para la determinación de la conductividad térmica, pero en muchos casos requieren tiempos de ensayo elevados y costosas preparaciones de la muestra, lo que en ocasiones las hacen poco funcionales o incluso no operativas para la realización de controles de calidad rápidos o procesos de investigación que requieran una rápida respuesta.

En tal sentido la determinación de la conductividad térmica se por el método modificado de la fuente plana transitoria (MPTS) es una técnica que permite la medición rápida y efectiva de parámetros térmicos característicos como la conductividad, efusividad y difusividad térmica.

Gilabert, Zumaquero, Machí, y Gómez (2014) describen que el funcionamiento del equipo (MTPS) se basa en determinar experimentalmente el valor de la efusividad térmica mediante un sensor que presenta reflectancia del calor por un solo lado, interfacial y de área perfectamente conocida que induce, mediante una resistencia eléctrica, una fuente de calor constante y momentánea sobre la muestra, que varía con el tiempo. La variación de la temperatura con el tiempo se relaciona con la efusividad del sensor (conocida mediante calibración) y de la muestra, lo que permite la determinación de la misma.



Figura 1. Analizador de Conductividad Térmica C-THERM CTi

Resistencia a compresión: Rivera (2013) sostiene que la resistencia mecánica del cemento endurecido es la propiedad del material que posiblemente resulte más obvia, y se determina llevando a rotura los especímenes a ensayar.

Se debe anotar la carga máxima indicada por la máquina de ensayo en el momento de la rotura, y se debe calcular la resistencia a la compresión como sigue:

$$f_m = P/A$$

Donde:

f_m : resistencia a la compresión en Kg/cm²

P: carga máxima total en kgf

A: área de la superficie de carga en cm²

Cemento portland: El Reglamento Nacional de Edificaciones define al cemento portland como el producto obtenido por la pulverización del Clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos que no excedan del 1% en peso del total siempre que la norma correspondiente establezca que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el Clinker.

Tabla 1*Composición química del cemento portland tipo I*

COMPUESTO	% en masa
Dióxido de Silicio, SiO ₂	20.16
Trióxido de Aluminio, Al ₂ O ₃	4.36
Óxido de Hierro, Fe ₂ O ₃	2.52
Óxido de Calcio, CaO	63.41
Óxido de Magnesio, MgO	2.21
Trióxido de azufre, SO ₃	3.57
Óxido de potasio, KO ₂	0.91
Óxido de sodio, Na ₂ O	0.35
Óxido de Titanio, TiO ₂	0.21
Óxido de fósforo, P ₂ O ₅	0.14
Pérdida de ignición	1.99

Fuente: Frías et al., (2012). Characterization and properties of blended cement matrices containing activated bamboo leaf wastes

Norma Técnica Peruana, NTP 334.009 (2013) definen las propiedades físicas normalizadas del cemento para evaluar y controlar la calidad del cemento portland, los ensayos mencionados en la norma son solo aplicables al cemento portland y no al hormigón. Las principales propiedades físicas normalizadas para el cemento portland tipo I son:

Contenido de aire : valor máximo 12%

Expansión autoclave: valor máximo 0.1%

Finura y tamaño de particular: mínimo valor de finura de la superficie específica de Blaine 280 m²/kg

Densidad : (3.10 – 3.20) g/cm³

Fraguado inicial: mínimo 45min

Fraguado final: máximo 375 min

Norma Técnica Peruana, NTP 334.009 (2013) definen los principales componentes químicos siguientes:

I. Silicato Tricálcico

- Formula químico: Ca_3SiO_5
- Formula en Óxidos: $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$
- Notación en el cemento: C3S
- Porcentaje en peso: 30 – 50 %
- Nombre del mineral : alita

II. Silicato Dicálcico

- Formula químico: Ca_2SiO_4
- Formula en Óxidos: $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$
- Notación en el cemento: C 2 S
- Porcentaje en peso: 15 – 30%
- Nombre del mineral : belita

III. Aluminato tricálcico

- Formula química: $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$
- Formula en Óxidos: $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$
- Notación en el cemento: C 3 A
- Porcentaje en peso: 4 – 12%
- Nombre del mineral : celita

IV. Ferroaluminio tetracálcico (ferro aluminato)

- Formula química: $\text{Ca}_2\text{ALFEO}_5$
- Formula en Óxidos: $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$
- Notación en el cemento: C 4 AF
- Porcentaje en peso: 8 – 13%
- Nombre del mineral : felita

Cáscara de arroz: Kapur (1980) sostiene que el grano de arroz posee una capa externa leñosa, altamente silíceo, llamada cáscara de arroz, cascarilla o pajilla para protección

en el curso de su madurez. La cáscara, que constituye aproximadamente el 20% en peso del arroz cosechado, tiene una longitud de 4 a 5 mm, 1 a 2 mm de ancho y aproximadamente 0,5 mm de espesor. Su densidad aparente es muy baja, de 95 a 150 kg/m³. Aproximadamente 1 tn de arroz cosechado produce una cáscara de 200 kg, que en combustión completa deja aproximadamente 40 kg de un residuo inorgánico que representa un 20% de la cáscara.

Cadena et al., (2002) sostiene que la fibra de cáscara de arroz presenta un comportamiento ignífugo, esta alta estabilidad bioquímica, se debe a que es la fibra vegetal con mayor contenido de minerales, así como también a su alta concentración de silicio (90 al 97%).

Con respecto a la producción de arroz cáscara en el Perú, la FAO (2018) afirma que la producción mundial de arroz para 2018 será de 480.02 millones de toneladas. La Producción Mundial de Arroz del año pasado fue de 472.39 millones de toneladas. Los 480.02 millones de toneladas estimados este año podrían significar un incremento de 7.63 millones de toneladas o un 1.62% en la producción de arroz alrededor del mundo.

Actualmente existen 100,000 productores a nivel nacional, lo que se traduce en una oferta sumamente atomizada con pocos productores de gran escala. Asimismo, el cultivo es intensivo en mano de obra, siendo en algunos departamentos la principal actividad económica. Así por ejemplo, en el departamento de San Martín el 70% de la PEA se dedica al cultivo de arroz.

De otro lado se tiene una agroindustria molinera que agrupa a 600 molinos, la mayor parte de los cuales se encuentran ubicados en el departamento de Lambayeque.

La producción de arroz cáscara en Ancas, según cifras oficiales del Ministerio de Agricultura y Riego la producción anual promedio de la región de Ancash es de 41 840 tn.

En cuanto a la Producción de arroz cáscara en el Valle de Santa, José Morales Ramírez, gerente técnico de la Junta de Usuarios de la Santa. En el valle del Santa es la agricultura la que mueve la economía de las familias de la zona, se produce arroz, maíz amarillo, algodón, ají páprika, pimentón, espárrago y otros productos de pan llevar y

de exportación. Pero los cultivos que más rentabilidad genera a los agricultores de este valle son el maíz amarillo y el arroz.

El arroz es un cereal que se cultiva una sola campaña al año y la última la del año 2017 resultó auspiciosa para los productores del valle, al lograr una alta producción y tener un buen precio de venta en cáscara. En el valle de Santa se cultivan entre 6 a 7 mil hectáreas de arroz. La productividad por hectárea es de 10 mil kilos aproximadamente, en promedio se obtiene 60 000 a 70 000 ton.

En cuanto a la accesibilidad el Perú es un país con gran biodiversidad posee grandes producciones de arroz al ser este un producto importante en la base de la alimentación del ciudadano peruano. La gran mayoría de departamentos en el Perú reducen arroz en cáscara lo que hace que el acceso a la cáscara de arroz no sea complicado.

Cabe resaltar que hasta el momento la cáscara de arroz no tiene precio estipulado en el Perú ni en el Valle del Santa, pues es considerado por los agricultores como un desecho agrícola, esto podría variar con el tiempo si se le da un uso productivo y rentable a la cáscara de arroz.

Los componentes principales de la cáscara de arroz se observan en la Tabla 2:

Tabla 2

Composición química de la cáscara de arroz.

Componente	Formula	Composición
Celulosa: polímero de glucosa	C ₅ H ₁₀ O ₅	50%
Lignina: polímero de fenol	C ₇ H ₁₀ O ₃	30%
Sílice: componente principal de la ceniza	Si O ₂	20%

Nota .Fuente: Vásquez y Vigil, 2000, p.3

La lignina y la celulosa presentes en la cáscara de arroz pueden ser eliminadas por combustión controlada y en la ceniza queda solo la sílice, en forma microporosa.

Se cree que la sílice en la cáscara de arroz existe en forma opalina (una forma amorfa e hidratada de sílice). Aparentemente la sílice es tomada del suelo y transportada a la planta de arroz como ácido monosilícico, el cual llega a concentrarse en la cáscara por evaporación y finalmente se polimeriza en membrana silico-celulosa. (Vásquez y Vigil, 2000, p.3)

Tabla 3

Conductividad térmica de algunos materiales aislantes.

Material	K (W/mk)
Lana mineral	0.0303
Poliestireno expandido	0.0330
Cascarilla de arroz	0.0360
Fibra de vidrio	0.0380
Corcho aglomerado	0.0450

Nota .Fuente: Cadena et al., (2002).

Kapur (1980) sostiene que la ceniza de la cáscara de arroz es está compuesta principalmente por sílice que está presente originalmente en la estructura celulosa de la cáscara de arroz, dependiendo del tiempo y temperatura de combustión y de las impurezas presentes, la sílice permanece en fase amorfa o se transforma en sus diversas modificaciones polimórficas como cuarzo, tridimita o cristobalita

Bhardwaj, Hossain y Majhi (2017) sostienen que las partículas de ceniza de cáscara de arroz tienen una estructura amorfa y porosa, sin embargo la cantidad de sílice amorfa depende de la temperatura de combustión y del tiempo de mantenimiento.

Para entender el proceso de Biomineralización, Wang et al. (2012) sostienen que el silicio se encuentra en la corteza terrestre en forma de ácido silícico $[\text{Si}(\text{OH})_4]$. Un pH promedio de 6.6 en la tierra de cultivo del arroz, permite que la planta a través de su mecanismo de absorción pueda captar el ácido silícico en combinación con el agua a través de las células corticales de la raíz la raíz y ser transportado a través del xilema, conducido a las hojas y posteriormente sintetizase en la cáscara de arroz.

Así mismo, Currie y Perry (2007) sostienen que la capacidad de una planta de acumular Si varía mucho entre especies, en particular las plantas de la familia equistales, ciperáceas y gramíneas muestran una alta acumulación de silicio, puesto a que la planta de arroz pertenece a la familia de gramíneas ,tiene también una alta capacidad de acumular[Si].



Figura 2. Esquema del proceso de biomineralización de la cáscara de arroz

Concha de abanico: Flores y Mazza (2014) sostienen que la concha de abanico es un molusco cuyas valvas tienen forma de abanico. Se produce en zonas arenosas, algosas y de manglares, sobre fondo de roca, guijarro y grava. Se compone del tallo o callo, que es un músculo de color blanco, y de la gónada, también conocido como coral que es de color rojo. El contenido de carbonato de calcio es del orden aproximado de 98%. El peso de las conchas, representa casi un 97% de peso cuando éstas son sometidas a un proceso de calcinación.

Nombre científico: *Argopecten purpuratus*

Nombre Común: Concha de abanico



Figura 3. Esquema del proceso de biomineralización de la cáscara de arroz

Se puede encontrar las conchas de abanico en toda la costa peruana, sin embargo la mayor producción de este molusco se concentra en las regiones de Paita y Ancash.

PRODUCE (2018) reporto para el periodo 2016-2017 una producción de concha de abanico en el orden de 30 396 tn. Ancash es la segunda región con mayor producción de concha de abanico en un orden de 10 833,93 tn.

En la provincia de Chimbote, existe el muelle artesanal, del cual se extraen las conchas de abanico y éstas son llevadas a un depósito ubicado en 10 de Septiembre, en donde se procede a su limpieza y transporte a diversos mercados o establecimientos de ventas de moluscos. El residuo calcáreo de la concha de abanico es considerado por muchos comerciantes un material de desecho y en algunos casos estos residuos son vendidos a un precio muy cómodo.

El carbonato cálcico (CaCO_3) es la principal fuente de calcio (Ca) utilizada en alimentación animal. Se obtiene de forma directa de yacimientos de piedra caliza, tras el secado y trituración en diferentes granulometrías. Su contenido en calcio está en torno al 38% dependiendo de la riqueza en caliza de la roca original. Debido a su origen, el CaCO_3 , contiene cantidades variables de minerales, tales como el magnesio y el hierro. El CaCO_3 se presenta en forma de polvo, sémola o piedra grande, siendo la primera presentación la más habitual.

Tabla 4

Análisis químico de la concha de abanico

Elemento	Porcentaje
Humedad	0.3
Cenizas	97.5
Calcio	37.2
Fósforo	0.03
Sodio	0.4
Potasio	0.06
Cloro	0.08
Magnesio	0.28
Azufre	0.08
Hierro (mg/kg)	400
Cobre (mg/kg)	8

Nota. Fuente: Mejilla Ezequiel, C., Pérez Martínez, A. (2016).

El calcio presente en la concha de abanico tiene que estar en su fase activa como óxido de calcio [CaO] para poder ser usado como un elemento que aportara resistencia al concreto.

Según lo reportado por Julián et al, (2015) y Flores et al. (2014) el porcentaje de sustitución de cemento por residuos de concha de abanico debe ser menor o igual que el 5%, ya que un porcentaje mayor satura la concentración de óxido de calcio [CaO] y consecuencia de esto existe un decaimiento de la resistencia mecánica

Agua de mezclado: Norma Técnica Peruana, NTP 339.088 (2014) afirma que el agua presente en la mezcla de concreto reacciona químicamente con el material cementante para lograr la formación de gel. Se podrá emplear como aguas de mezclado aquellas que se consideren potables, o las que por experiencia se conozcan que pueden ser utilizadas en la preparación del concreto.

El agua empleada en la mezcla tiene 3 funciones principales:

Reaccionar con el cemento para hidratarlo.

Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.

Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacios para desarrollarse.

Tabla 5

Límites permisibles para el agua de mezcla y curado

DESCRIPCION	LIMITE PERMISIBLE
Cloruros	300 ppm.
Sulfatos	300 ppm.
Sales de magnesio	150 ppm.
Sales solubles totales	1500ppm.
Sólidos en suspensión	1500 ppm.
Materia Orgánica	10pm.

Nota. Fuente: NTP 339.008

Huerruela (2014) define una pasta como el producto que se obtiene si se mezcla cemento con agua.

Murray, Vikramraja, Subramani, Selvan y Hall (2010) sostienen que las pastas de cemento que presentan baja resistencia a la tracción tienden a exhibir un mayor potencial de agrietamiento y reducción en su durabilidad, puesto que la fuerza y la cohesión de la pasta de cemento se controla por la formación de silicato de calcio hidrato de gel (CSH) que está en relación Ca/Si de 0.6 a 0.20. La resistencia a la tracción de la pasta es aproximadamente un 23% de la resistencia a la compresión.

El gel de CSH es una estructura compleja compuesta a multiescala de elementos y poros de diversos tamaños. Las unidades más pequeñas a nivel manométrico de gel de CSH se ensamblan para formar estructuras a escalas de longitud más grandes.

A través de ensayos de Difracción de rayos (XDR) se establece que la nanoestructura de gel de CSH es una estructura no cristalina o amorfa. La estructura atómica de la unidad de gel CSH más pequeña es una estructura de cristal en capas similar a los minerales de tobermorita y jennite con láminas de CSH de espesor en el intervalo de nanómetros.

Jeffrey & Thomas (2009), describen el proceso de hidratación de la pasta de cemento, la primera reacción del cemento con el agua comienza en 0.1pico segundo, cuando el cemento y el agua se combinan primero hay un período corto de reacción rápida y la salida de calor donde se disuelve el cemento, con una duración de menos de un minuto. El proceso de hidratación se da fundamentalmente en 4 etapas.

Etapa 1: Este proceso es breve debido a la rápida formación de una capa amorfa de producto de hidratación alrededor de las partículas de cemento y una intensa reacción exotérmica inicial.

Etapa 2: Inducción es un período de 1-2 horas de inactividad que separa la corta ráfaga inicial de reacción que se produce cuando el cemento y el agua entran primero en contacto desde el período de hidratación principal que conduce a establecer. Este comportamiento es muy importante porque evita que el cemento de fijar demasiado rápido. El hecho de que una pasta recién mezclado permanece fluida y viable que el hormigón está siendo colocado y luego se fija al poco tiempo es una de las claves para la versatilidad y el uso generalizado de hormigón de cemento portland.

Etapa 3: Es un período donde la velocidad de reacción aumenta rápidamente, alcanzando en un tiempo máximo de por lo menos de 24 horas después de la mezcla inicial, y luego disminuye rápidamente de nuevo a menos de la mitad de su valor máximo. Este comportamiento se debe casi enteramente a la hidratación de las C3S. Al final de esta etapa más del 30% del cemento inicial ha hidratado.

Etapa 4: Este período final se llama el periodo de reacción de difusión limitada. A fin de que el cemento se siga hidratando, los iones disueltos del cemento deben difundirse hacia el exterior y precipitar en los poros capilares, o el agua debe difundirse hacia el interior para llegar a los núcleos de cemento sin reaccionar. Estos procesos de difusión se vuelven más y más lento como la capa de producto de hidratación alrededor de las partículas de cemento se vuelve más gruesa y más grueso.

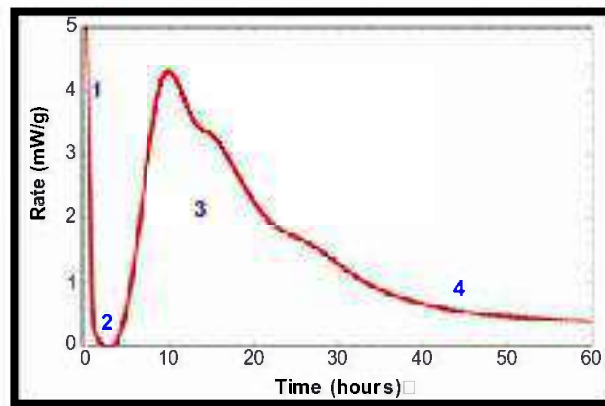


Figura 4. Hidratación del cemento en el tiempo

Para la obtención de una pasta de consistencia plástica, La Norma Técnica Peruana NTP 331.003 establece el método para efectuar la mezcla mecánica de pastas de cemento hidráulico y morteros de consistencia plástica.

I. Equipos

A. Mezcladora: Consta de una paleta y un recipiente. Será impulsada eléctricamente, debe ser del tipo epicíclico, que imparte a la paleta movimiento de rotación y planetario; la mezcladora tendrá mínimo dos velocidades, controladas por medios mecánicos; la velocidad primera o a razón de 140 ± 5 rpm y la segunda rápida, hará girar la paleta a razón de 285 ± 10 rpm.

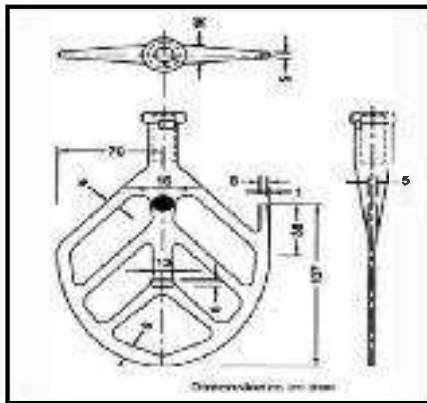


Figura 5. Paleta mezcladora

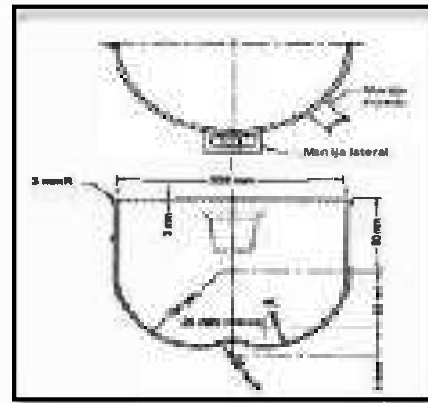


Figura 6. Recipiente de mezcla

II. Procedimiento

Se vierte la totalidad del agua de amasado en el recipiente (tazón).

Se agrega el cemento y se deja en reposo 30 segundos, para que absorba el agua

Se mezcla a la velocidad lenta (140 ± 5 rpm) durante 30 segundos.

Se detiene la mezcladora por 15 segundos, durante los cuales con el raspador, se pasa la pasta que se ha adherido a las paredes, al fondo del recipiente.

Se mezcla a velocidad media (285 ± 10 rpm) durante 60 segundos.

Las **variables dependientes** consideradas en este trabajo son:

Conductividad térmica: es la medida de un material para conducir el calor que podemos definirla como “la razón de transferencia de calor a través de un espesor unitario del material por unidad de área por unidad de diferencia de temperatura, cuyas unidades se expresan en Vatios por metro y grado Kelvin (W/mk)”. (Cengel, 2007, p.19).

Resistencia Mecánica: Rivera (2013) sostiene que la resistencia a compresión del cemento endurecido es la propiedad del material que posiblemente resulte más obvia, y se determina llevando a rotura los especímenes a ensayar.

Las **variables independientes** consideradas en este trabajo lo constituye el **porcentaje de sustitución de 10% por polvo de cáscara de arroz y 20% de ceniza de residuos calcáreos de conchas de abanico**.

Hipótesis

La sustitución del cemento en 10% y 20% por polvo de cáscara de arroz y ceniza de residuos calcáreos de conchas de abanico originaria una pasta con baja conductividad térmica y resistencia a compresión mayor que un convencional

Objetivos

Objetivo general

Determinar la conductividad térmica y resistencia a compresión de una pasta de cemento sustituyendo el cemento por la mezcla de 10% de polvo de cáscara de arroz y 20% por ceniza de conchas de abanico.

Objetivos específicos

Determinar la temperatura de activación de la concha de abanico mediante el Análisis Térmico Diferencial.

Determinar la composición química de la concha de abanico y del compuesto mediante el Análisis de Florescencia de Rayos X.

Determinar el potencial de hidrogeno del polvo de cáscara de arroz, concha de abanico y del compuesto.

Determinar el peso específico del polvo de cáscara de arroz, ceniza de concha de abanico y de la mezcla.

Determinar y analizar la Conductividad Térmica de la pasta patrón y experimental a los 28, 60 y 90 días.

Determinar y analizar la Resistencia a compresión de la pasta patrón y experimental 28, 60 y 90 días.

Determinar el grado de relación entre la conductividad térmica y resistencia a compresión de la pasta patrón y experimental.

II. Metodología



















Este proyecto de investigación es del tipo aplicada y explicativa, teniendo los conocimientos ya estudiados en el marco teórico y antecedentes, comprobaremos de manera experimental las características de la Resistencia a compresión y Conductividad Térmica de las probetas de pasta con sustitución del cemento en 10% por polvo de cáscara de arroz y de 20% por ceniza de concha de abanico activados mecánicamente y térmicamente respectivamente, los resultados de esta investigación serán utilizados para resolver problemas de aislamiento térmico, energéticos en la producción de productos cementantes y a su vez proporciona una alternativa adecuada y sostenible para el uso de las cáscara de arroz y residuos de conchas de abanico.

El enfoque de la investigación es cuantitativo, porque se estudia las variables y sus indicadores objetivamente midiendo, recolectando y registrando información y datos, basándose en el método de la experimentación. Así mismo se basa en la metodología de los procesos estadísticos tanto es su fase descriptiva como inferencial.

A esta investigación le corresponde un diseño *Experimental* del tipo en *bloque completo al azar*, porque es un proceso en el cual se estudiara el diseño convencional de una pasta de cemento comparándolo con el nuevo diseño elaborado con la sustitución de 10% por PCA y 20% por RCCA, el estudio en su mayor parte se concentra en la pruebas realizadas en el laboratorio de materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería, donde él se estará en contacto con los ensayos a realizar obteniendo resultados de acuerdo a lo planteo en los objetivo. Siendo su diseño de investigación el siguiente:

Tabla 6

Diseño de Investigación

Edad (días)	Resistencia Térmica y Mecánica sustituyendo 10% polvo de cáscara de arroz y 20% ceniza de conchas de abanico	
	0%	10% cáscara de arroz y 20% Concha de abanico
28		
		
		
60		
		
		
90		
		
		

Con la finalidad de estudiar el comportamiento de la capacidad de conductividad térmica y resistencia mecánica de una pasta, se utilizara la cáscara de arroz activado mecánicamente y ceniza de concha de abanico activados térmicamente, que debido a sus propiedades permitirán obtener un eficiente aislante térmico.

La unidad de estudio son las *Probetas de pasta de cemento*.

La población: Estará formada por el conjunto probetas de pasta de 2 cm de diámetro y 4 cm de altura, elaborados con agua, cemento portland tipo I, cáscara de arroz activado mecánicamente y ceniza de concha de abanico activado térmicamente. La sustitución parcial del cemento por cáscara de arroz ayudara a mejoras las propiedades térmicas y la concha de abanico ayudara a mejorar las propiedades mecánicas de la pasta.

Al no existir normativa que delimite la cantidad mínima de la población, se tomara una población de 36 probetas que estarán distribuidos de la siguiente manera:

18 probetas sin sustitución,

18 probetas con la sustitución de 10% de PCA y 20% de RCC

Para la elaboración de las unidades de estudio (Probetas de pasta) se utilizaron las siguientes referencias:

Cáscara de arroz como materia prima renovable, fue recolectado del molino “San Carlos” ubicado en el distrito de Santa, posteriormente se limpió de toda impureza para ser molida mediante un batan artesanal y pasar la malla N° 200. Ceniza de concha de abanico, se recolecto en mercado del muelle de Chimbote. Se lavó, se eliminó todo el material orgánico y se seleccionó las conchas de tamaño uniforme para luego ser objeto de estudio en los laboratorios de la USP, UNT, UNI.

Cemento portland Tipo I marca “PACASMAYO”

Muestra: La muestra estará conformada por el conjunto de probetas de pasta de cemento elaboradas de acuerdo a la Norma Técnica Peruana (NTP 331.003).

El tamaño de la muestra será de 18 probetas que estarán distribuidos de la siguiente manera:

9 probetas sin sustitución,

9 probetas con la sustitución al 10% de PCA y 20% de RCC

Técnicas e instrumento de investigación

TECNICA	INSTRUMENTO	AMBITO
	Guía de observación resumen	Grupo control: muestra de probetas de pasta de cemento convencional

Observación científica	Fichas técnicas de pruebas de laboratorio	Grupo experimental: muestra de probetas de pasta de cemento modificadas
-------------------------------	---	---

Al ser esta una investigación que usa el método **Experimental**, se usara la técnica de Observación **científica**, porque se manipula el diseño de mezcla de una pasta de cemento convencional al sustituir el cemento por 10% de polvo de cáscara de arroz y 20% por ceniza de conchas de abanico con el fin de modificar la conductividad térmica y resistencia mecánica. Es decir que el investigador controlara directamente el fenómeno de estudio el cual se apoyara en los ensayos de Análisis Térmico Diferencial, Análisis de Florescencia de Rayos X, Potencial de hidrogeno Ph, conductividad térmica y resistencia a la compresión.

Para el presente proyecto de investigación el procesamiento de datos será posterior a los ensayos respectivos apoyados en una hoja de cálculo Excel y con SPSS v23.

Metodología de trabajo comprenderá las siguientes etapas:

Caracterización de la cáscara de arroz: Se recolecto la cáscara de arroz de la Apiladora “San Carlos” Ubicado en la provincia de Santa, departamento de Ancash. Cuyas coordenadas UTM son las Siguietes:

Este: 762003m
 Norte: 9006025m
 Uso: 17 L
 Hemisferio: Sur
 Elevación: 19 msnm

Para caracterizar la cáscara de arroz se necesitó los siguientes materiales: 2 sacos de polietileno, 1 batan artesanal, tela organza, tamiz N° 200 y bolsas hermética

La cáscara de recolectada fue de arroz recién pilado y se escogió de la zona más limpia la cantidad de 10kg.

La limpieza se realizó de forma manual sacando todo el material ajeno a la CA, con la ayuda de un cernidor se eliminó el polvo y las partículas pequeñas.

El cuarteo se realizó colocando todo el material sobre una superficie limpia, uniforme y dura. Con la ayuda de una plancha de batir se uniformizó todo el material, se aplano formando un círculo uniforme. Se procedió a dividir en 4 partes iguales y se guardó la muestra en 4 bolsas diferentes.

La activación mecánica en términos de la nanotecnología consistió en reducir el tamaño de partícula de la CA a 75 μ m, lo cual se consigue al pasar la malla N° 200. Se usó un mortero artesanal de piedra (batán) para moler 1kg de CA, logrando pasar solo el 17% que corresponde a 170gr de polvo de cáscara de arroz. El desperdicio promedio fue de 83%. El proceso de moliendo y tamizado duró 5 días.

Caracterización de los residuos calcáreos de conchas de abanico: Los residuos calcáreos de concha de abanico fueron recolectados en el mercado “La Sirena” ubicado en Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash. Se recolectó 5kg de RCCA recién desechadas en 2 bolsas de polietileno.

Este: 175280 m

Norte: 8996582m

Uso: 17 L

Hemisferio: Sur

Elevación: 17 msnm

Con la finalidad de eliminar la suciedad, la salinidad y los residuos orgánicos, toda la muestra recolectada fue sometida a un periodo de remojo en baldes de plástico durante 2 horas, finalizado este periodo, con la ayuda de una escobilla se refregó y limpio totalmente las conchas. Una vez limpias se fueron puestas a orear por 48 horas.

Las conchas fueron seleccionadas de acuerdo a su tamaño, considerando que toda la muestra un tamaño uniforme. Terminado este proceso se obtuvo una muestra limpia y uniforme de 1kg.

La trituración del material se realizó sobre una superficie limpia, uniforme y dura con la ayuda de un batán casero con la finalidad de optimizar el volumen de quemado debido a que la cámara de incineración es muy pequeña. Otra razón para la trituración es el aspecto energético incluido en el proceso de calcinación debido que al tener el

material triturado se espera tener una calcinación completa con una temperatura controlada del orden de 800°C

Para determinar la temperatura de activación se sometió la concha de abanico a un proceso de molienda con batan para reducir el tamaño de partícula a 75 μ m, lo cual se consigue al pasar la malla N° 200. Se empaque en un sobre de papel la cantidad de 1 gr con tamaño de partícula de 75 μ m. Dicha muestra fue analizada en el Laboratorio de Polímeros en la Universidad Nacional de Trujillo a través del ensayo de Análisis Térmico Diferencial.

Se calcino 995.4 gr de concha de abanico a de 800°C durante 4 horas y se dejó enfriar por 12 horas obteniéndose un material blanquecino. Se obtuvo un pérdida de masa de 46.44% obteniendo 533.2 gr de concha de abanico calcinada. La muestra se pulverizo en un mortero de madera para reducir el tamaño de partícula a 75 μ m.

La composición química se realizó en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos en el laboratorio de Arqueometria atreves del ensayo de Fluorescencia de Rayos-X.

Con la finalidad de conocer el grado de alcalinidad de los elementos que componen la mezcla y la del compuesto, se realizó el ensayo de pH, para lo cual se midió el pH del polvo de cáscara de arroz, ceniza de concha de abanico, del cemento portland tipo I y del compuesto. Para el compuesto se mezcló de manera uniforme tomando una pequeña parte de cada de cada elemento mezclándolo poco a poco.

La elaboración de las probetas de pasta patrón se realizaron con una relación A/C=0.45 siguiendo el procedimiento de la NTP 331.003 que estable el procedimiento a seguir para el mezclado de pasta. Se desencofro después de 7 días de su elaboración y se curó en agua potable durante 38, 60 y 90 días.

Para las pasta experimentales se uniformizo el material en un periodo de 1 hora y la elaboración de las probetas de pasta experimental se realizó con una relación A/C=0.468, ya que con esta relación se obtuvo una trabajabilidad similar al patrón.

Se registró la medida de la sección transversal, altura y peso de los especímenes después del desencofrado y curado.

La conductividad térmica se midió en el Laboratorio de Ciencia de la Universidad Nacional de Ingeniería. Seguidamente se realizó un ensayo de resistencia a la compresión en el Laboratorio de Materiales de la misma universidad.

III. Resultados

Análisis Térmico Diferencial: Mediante el Análisis Térmico Diferencial se cumplió con el primer objetivo, determinando la Temperatura óptima de calcinación de la concha de abanico, la muestra analizada fue de 35.8 mg, se usó el Analizador Térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600°C. Se empleó una tasa de calentamiento de 15°C/min, gas de trabajo y flujo de Nitrógeno 10ml/min, el rango de trabajo fue de 40°C a 900°C Se obtuvieron los resultados de Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ Análisis térmico Diferencial (DTA) y Análisis Termogravimétrico (TGA), los resultados se muestran en los Grafico1 y Grafico 2.

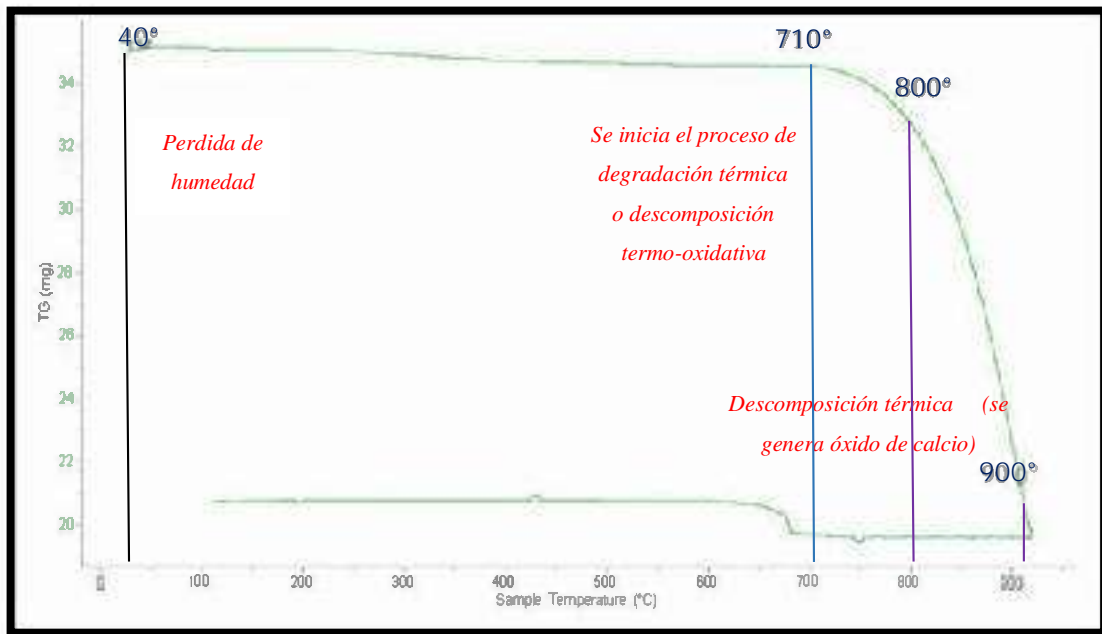


Figura 7. Análisis termogravimétrico.

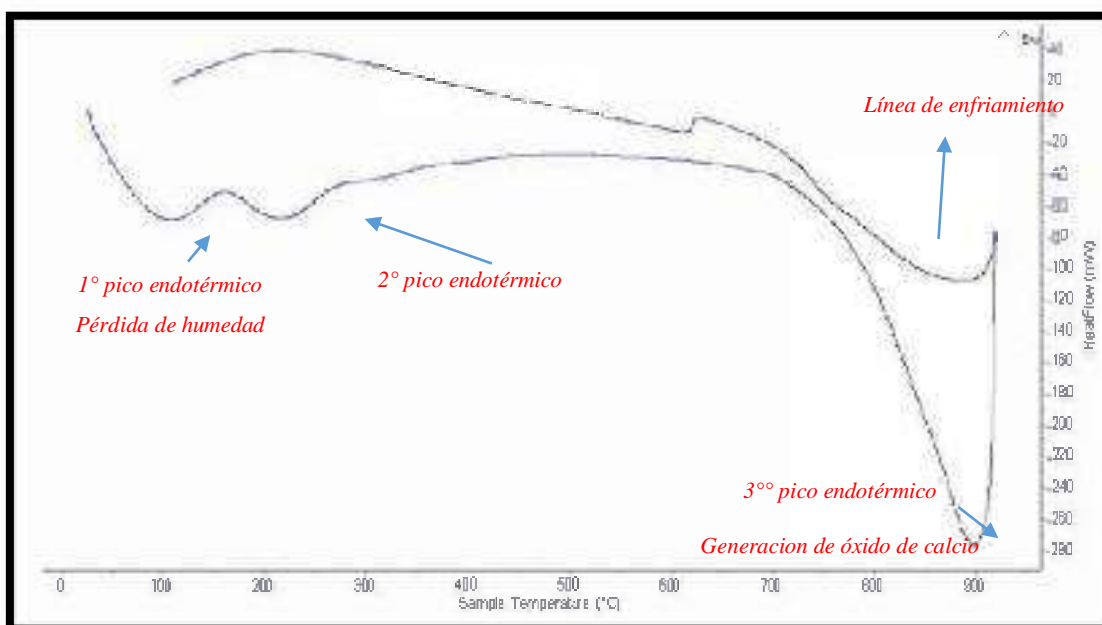


Figura 8. Análisis térmico calorimétrico de barrido de la concha de abanico.

Análisis Térmico diferencial: Los resultados de la composición química de la ceniza de conchas de abanico y del compuesto (70% cemento + 10% polvo de cáscara de arroz + 20 ceniza de residuos calcáreos concha de abanico) se determinaron mediante el *Análisis de Fluorescencia de Rayos X dispersiva en energía (FRXDE)* en el Laboratorio de Archeometria de la Universidad Mayor de San Marcos. Los resultados se muestran en la tabla 7 y 8.

Tabla 7.

Resultados de la composición química de la ceniza de concha de abanico

Elemento	(%)
Trióxido de Aluminio, Al ₂ O ₃	18.633
Dióxido de Silicio, SiO ₂	1.785
Pentóxido de Fosforo, P ₂ O ₅	0.059
Dióxido de azufre, SO ₂	0.883
Óxido de cloro, ClO ₂	0.067
Óxido de Calcio, CaO	78.377
Óxido de Titanio, TiO ₂	0.01
Óxido de Cromo, Cr ₂ O ₃	0.003

Óxido de Hierro, Fe ₂ O ₃	0.008
Óxido de Niquel, Ni ₂ O ₃	0.001
Óxido de Cinc, ZnO	0.012
Óxido de Estroncio, SrO	0.161
Total	100.00

Fuente: Laboratorio de Arqueometria de la Universidad Mayor de San Marcos

Tabla 8.

Composición química de la mezcla (70% cemento portland tipo 1+10% polvo de cáscara de arroz+20% ceniza de concha de abanico)

Elemento	(%)
Trióxido de Aluminio, Al ₂ O ₃	11.552
Dióxido de Silicio, SiO ₂	21.503
Dióxido de azufre, SO ₂	2.763
Óxido de potasio, KO ₂	0.653
Óxido de Calcio, CaO	61.567
Óxido de Titanio, TiO ₂	0.135
Óxido de Cromo, Cr ₂ O ₃	0.011
Óxido de manganeso, Cr ₂ O ₃	0.030
Óxido de Hierro, Fe ₂ O ₃	1.655
Óxido de Niquel, Ni ₂ O ₃	0.012
Óxido de cobre, CuO	0.006
Óxido de Cinc, ZnO	0.030
Óxido de Estroncio, SrO	0.082
Dióxido de zirconio, ZrO ₂	0.001
Total	100.000

Fuente: Laboratorio de Arqueometria de la Universidad Mayor de San Marcos

Potencial de Hidrogeno (pH): En la Tabla 9., se muestra los valores de pH del Cemento Portland Tipo I (CPTI), Ceniza de concha de abanico (CCA), polvo de cáscara de arroz (PCA) y de la mezcla correspondiente a 20%CCA + 10% PCA +70CPTI. El CPTI y CCA tienen valores de pH superiores a 11 que representa a una muestra alcalina. La mezcla es de tiene un pH de 11.71 que indica que el compuesto

analizado es alcalina y tiene una mejor predisposición a la adherencia entre sí entre los materiales. El pH más bajo es el del PCA con 7,42 que es neutralizado en el pH de los demás componentes y no tendría ningún efecto negativo en la pasta.

Tabla 9

Resultados del grado de alcalinidad de elementos que compones la pasta

Muestras	pH
Cemento Portland tipo I (CPTI)	11.83
Ceniza de concha de abanico	11.82
Polvo de cáscara de arroz	7.42
Mezcla 20% CCA+10% PCA+70% CPTI	11.71

Fuente: Laboratorio Labicer

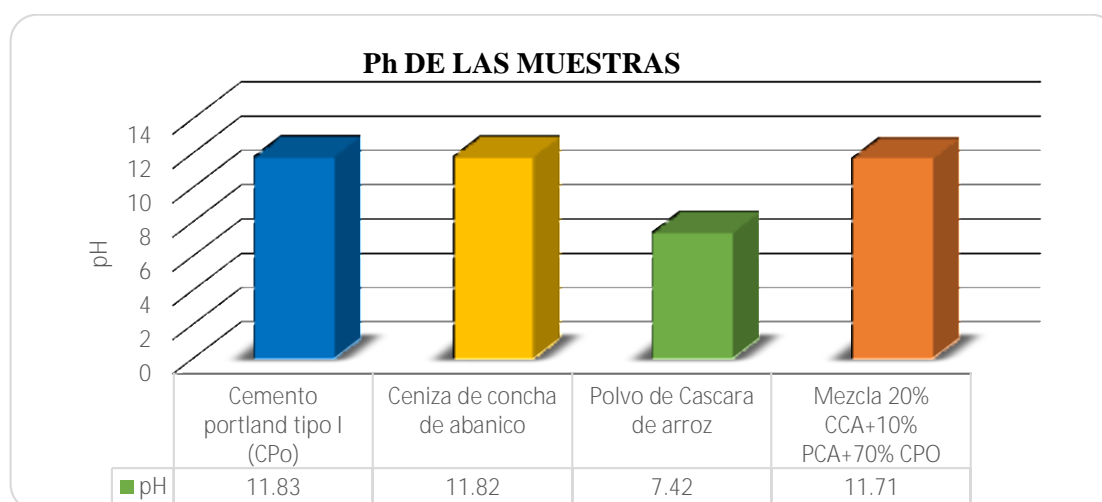


Figura 9. Grado de alcalinidad de los materiales de trabajo

Peso específico: Los resultados se muestran en la Tabla 10., el modo operativo para determinarlo está basado en las Normas ASTM C 188 y MTC E610-2000, para lo cual se usó el frasco de Lee Chatelier.

Tabla 10*Resultados del peso específico.*

Muestra	gr/cm³
Polvo de cáscara de arroz PCA	2.909
Ceniza de concha de abanico CCA	3.005
Mezcla (70% CPO+20%CCA+10%PCA)	3.3316

Fuente: Laboratorio Labicer

Proporción cemento - concha de abanico/cáscara de arroz y relación a/c se muestran en la Tabla 11, y se determinaron en función al peso de los componentes de la pasta. La cantidad de agua en la muestra experimental se determinó de forma empírica, procurando obtener una trabajabilidad similar a la del patrón.

Tabla 11*Proporción cemento/concha de abanico-cáscara de arroz*

Porcentaje de sustitución	CANTIDAD DE MATERIAL (GR)				
	Cemento (C)	Polvo de Cáscara de arroz (CA)	Concha de abanico (RCA)	Agua	Relación Agua/cemento
0%	40	0	0	18	0.450
30%	28	4	8	18.7	0.468

Fuente: Elaboración propia

Los pesos se registraron después del desmolde y periodo de curado. Los pesos se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12*Registro de pesos de las muestras experimentales y patrón*

Porcentaje de sustitución	Edad en días	Descripción	Pesos (gr)	
			Desencofrado (7días)	Después de curar
0%	28	P 1	22.20	24.10
		P 2	22.20	23.90
		P 3	22.21	24.10
	60	P 1	22.50	23.10
		P 2	23.00	24.20
		P 3	22.80	23.60
	90	P 1	23.30	24.80
		P 2	23.40	24.70
		P 3	23.30	24.80
10%PCA+20%CCA	28	E 1	22.70	24.00
		E 2	22.80	24.10
		E 3	22.70	24.10
	60	E 1	22.90	23.90
		E 2	22.80	23.90
		E 3	22.70	24.00
	90	E 1	23.10	24.20
		E 2	23.30	24.30
		E 3	23.30	24.50

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos, USP

Conductividad térmica: La conductividad térmica se midió en el equipo de ensayo C-THERM TCi™ en el laboratorio de Ciencias de la UNI-Lima.

Tabla 13*Resultado de conductividad térmica de muestra patrón a edad de 28 días*

Mediciones	Conductividad térmica aparente (W/mK)		
	P1	P2	P3
1	1.40927154	1.39196307	1.40176307
2	1.42344483	1.39450446	1.40430446
3	1.41272716	1.40136581	1.41116581
4	1.41664165	1.42268634	1.42278134
5	1.42447036	1.40656644	1.41636644
6	1.41922956	1.40777125	1.41757125
7	1.42314733	1.40747353	1.41727353
8	1.41874795	1.40238867	1.41218867
9	1.41847565	1.42391960	1.42191960
10	1.41328919	1.42633124	1.41683124
Promedio parcial	1.41794452	1.40849704	1.41829704
Promedio total	1.41395953		

Fuente: Laboratorio de Ingeniería Física de la UNI**Tabla 14***Resultados conductividad térmica de muestra patrón a edad de 60 días*

Mediciones	Conductividad térmica aparente (W/mK)		
	P1	P2	P3
1	1.203030476	1.201303048	1.21110305
2	1.197138433	1.197138433	1.20693843
3	1.203542139	1.213542139	1.22334214
4	1.205173681	1.215173681	1.21526868
5	1.202632209	1.212632209	1.22243221
6	1.200079778	1.200079778	1.20987978
7	1.203808862	1.203808862	1.21360886
8	1.212813456	1.212813456	1.22261346
9	1.217105444	1.207105444	1.20510544
10	1.200746392	1.190746392	1.18124639
Promedio parcial	1.20460709	1.20543434	1.21115384
Promedio total	1.21941481		

Fuente: Laboratorio de Ingeniería Física de la UNI

Tabla 15

Resultados conductividad térmica de muestra patrón a edad de 90 días

Mediciones	Conductividad térmica aparente (W/mK)		
	P1	P2	P3
1	1.199983036	1.209983036	1.197523250
2	1.216514722	1.219060939	1.206601154
3	1.246200139	1.233740355	1.221280570
4	1.181378317	1.168918532	1.156458747
5	1.185676684	1.173216900	1.160757114
6	1.165215963	1.152756178	1.140296393
7	1.238089660	1.225629876	1.213170091
8	1.185126377	1.172666593	1.160206807
9	1.178659223	1.166199438	1.153739653
10	1.234408088	1.221948304	1.209488519
Promedio parcial	1.203125221	1.194412015	1.181952230
Promedio total	1.193163155		

Fuente: Laboratorio de Ingeniería Física de la UNI

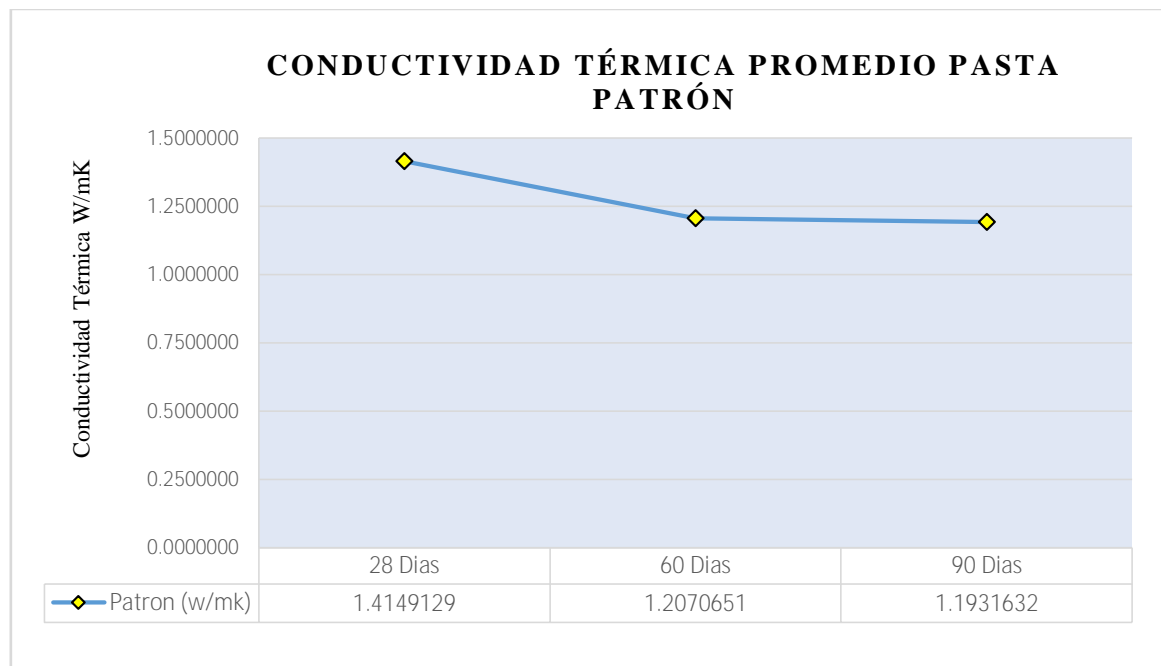


Figura 10. Conductividad térmica promedio pasta patrón

Tabla 16*Resultados conductividad térmica de muestra experimental a edad de 28 días*

Mediciones	Conductividad aparente (W/mK)		
	P1	P2	P3
1	0.469330145	0.478830145	0.461830145
2	0.520346269	0.529846269	0.512846269
3	0.522946576	0.532446576	0.515446576
4	0.525423811	0.534923811	0.517923811
5	0.539193527	0.548693527	0.531693527
6	0.540084549	0.549584549	0.532584549
7	0.552915242	0.562415242	0.545415242
8	0.554227282	0.563727282	0.546727282
9	0.559187088	0.568687088	0.551687088
10	0.552915242	0.562415242	0.545415242
Promedio parcial	0.533656973	0.543156973	0.526156973
Promedio total	0.534323640		

Fuente: Laboratorio de Ingeniería Física de la UNI**Tabla 17***Resultados conductividad térmica de muestra experimental a edad de 60 días*

Mediciones	Conductividad aparente (W/mK)		
	P1	P2	P3
1	0.399742783	0.380613784	0.340597313
2	0.341094343	0.321965344	0.341908464
3	0.341759776	0.322630777	0.342573898
4	0.351324863	0.332195864	0.352138984
5	0.349759061	0.330630063	0.350573183
6	0.358527185	0.339398186	0.359341306
7	0.357847166	0.338718167	0.358661287
8	0.355716340	0.336587341	0.356530462
9	0.355355211	0.336226212	0.356169333
10	0.359838059	0.340709060	0.360652180
Promedio parcial	0.399742783	0.380613784	0.340597313
Promedio total	0.348992867		

Fuente: Laboratorio de Ingeniería Física de la UNI

Tabla 18

Resultados conductividad térmica de muestra experimental a edad de 90 días

Mediciones	Conductividad aparente (W/mK)		
	P1	P2	P3
1	0.347980986	0.335968755	0.323956523
2	0.343307803	0.331295571	0.319283340
3	0.342036547	0.330024315	0.318012084
4	0.338532280	0.326520048	0.314507817
5	0.332888937	0.320876705	0.308864474
6	0.339271440	0.327259209	0.315246977
7	0.336543010	0.324530778	0.312518547
8	0.436058200	0.424045968	0.412033737
9	0.329210452	0.317198221	0.305185989
10	0.333699467	0.321687236	0.309675004
Promedio parcial	0.347952912	0.335940681	0.323928449
Promedio total	0.335940681		

Fuente: Laboratorio de Ingeniería Física de la UNI

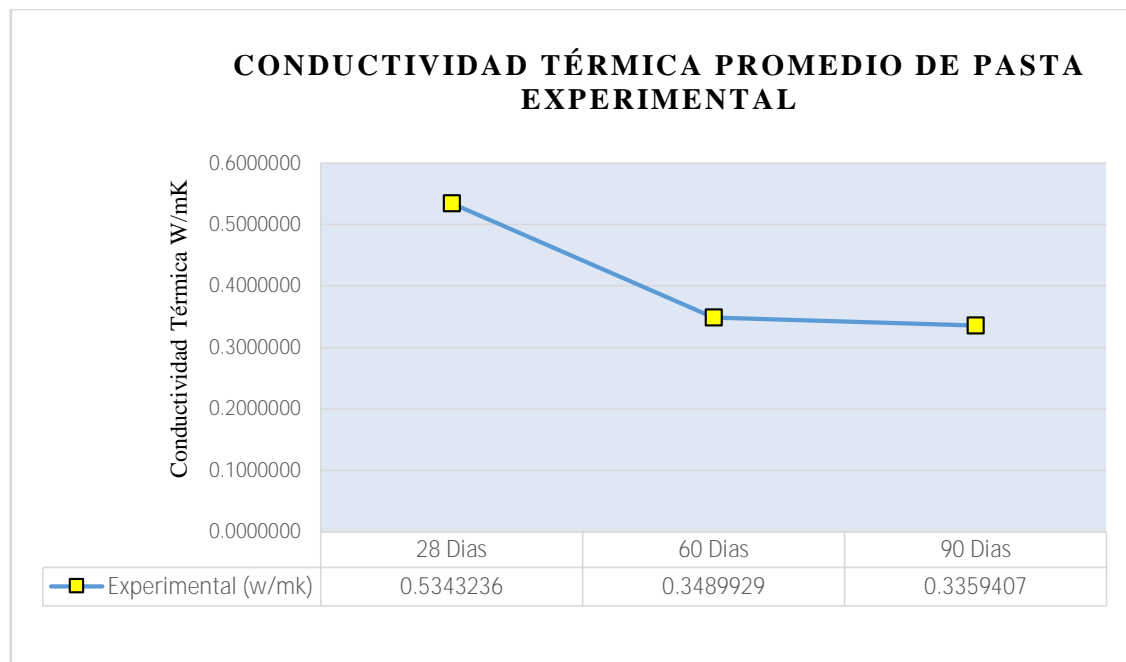


Figura 11. Conductividad térmica promedio pasta experimental.

Consolidado de la conductividad térmica patrón y experimental

Tabla 19

Resultados de conductividad térmica patrón y experimental

Edad	Patrón		Experimental	
	K (mk/w)		K (mk/w)	
28 días	1.4179445		0.5336570	
	1.4084970		0.5431570	
	1.4182970		0.5261570	
Promedio	1.4149129		0.5343236	
60 días	1.2046071		0.3570965	
	1.2054343		0.3379675	
	1.2111538		0.3519146	
Promedio	1.2070651		0.3489929	
90 días	1.2031252		0.3479529	
	1.1944120		0.3359407	
	1.1819522		0.3239284	
Promedio	1.1931632		0.3359407	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20

Variación porcentual de la conductividad térmica en las pastas en función a la edad.

Edad	Patrón		Experimental	
	W/mk	Variación porcentual	W/mk	Variación porcentual
28 días	1.4149129		0.5343236	
60 días	1.2070651	-14.96%	0.3489929	-34.69%
90 días	1.1931632	-1.15%	0.3359407	-3.74%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21

Variación porcentual de la conductividad térmica en las pastas patrón vs experimental.

Edad	Patrón W/mk	Experimental W/mk	Variación porcentual
28 días	1.4149129	0.5343236	-64.24%
60 días	1.2070651	0.3489929	-71.09%
90 días	1.1931632	0.3359407	-71.84%

Fuente: Elaboración propia

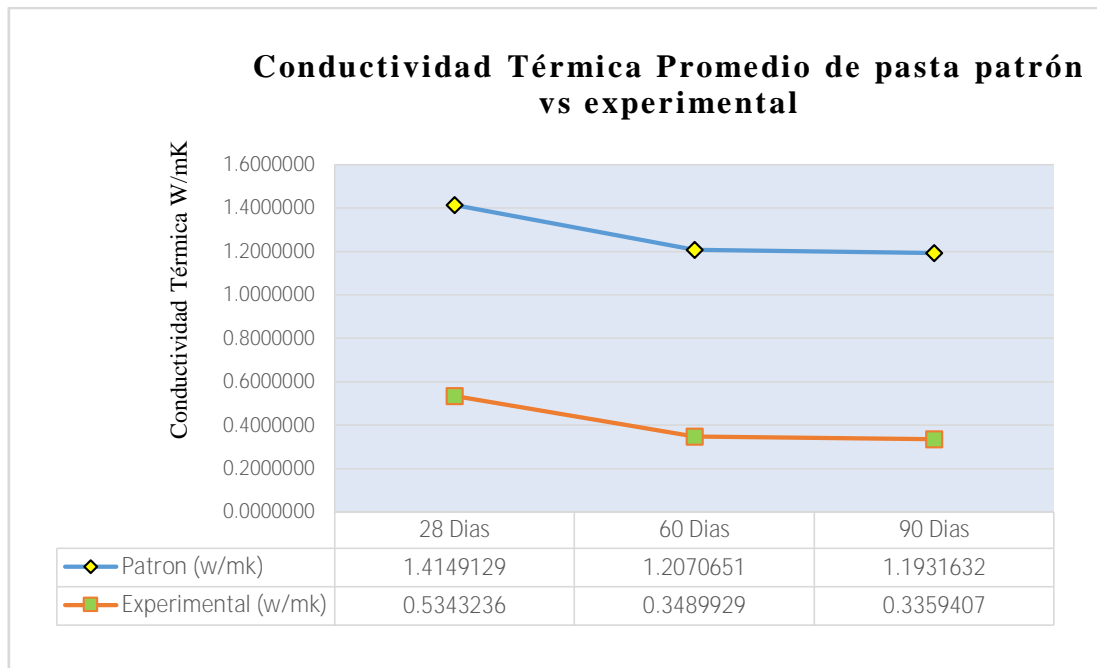


Figura 12. Conductividad térmica promedio patrón vs experimental

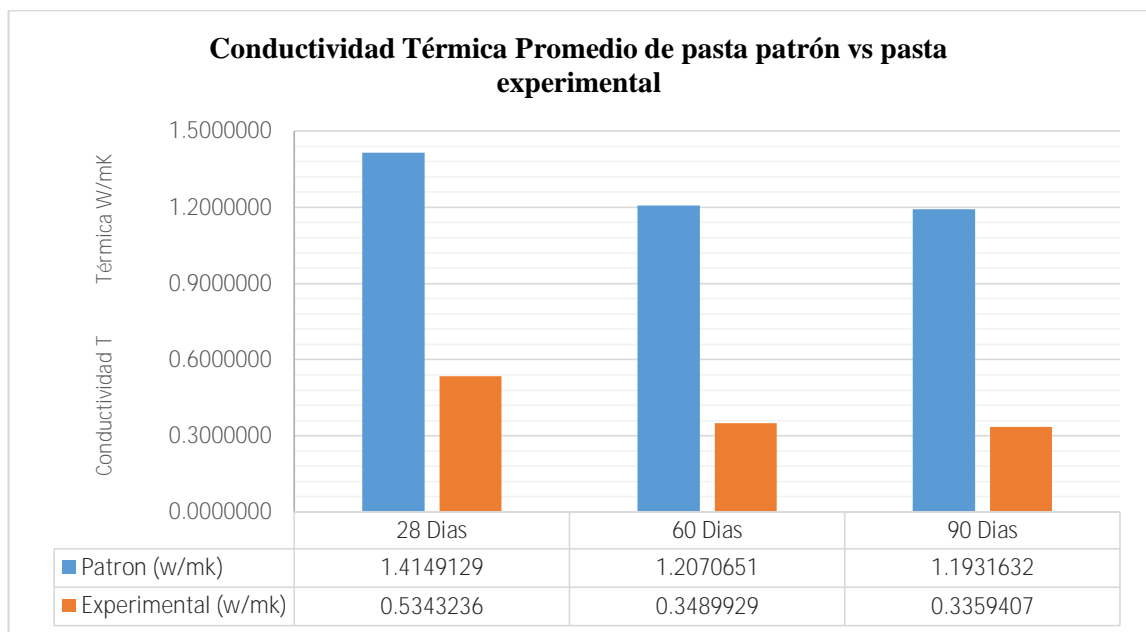


Figura 13. Conductividad térmica promedio patrón y experimental

Resistencia a Compresión: La Resistencia a Compresión se midió en el equipo de tracción ZWICK ROELL Z010 en el laboratorio de Ciencias de la UNI “Labicer”.

Tabla 22

Resultados de resistencia a compresión de pasta patrón a los 28 días

MUESTRA	DIAMETRO (mm)	ÁREA (mm²)	CARGA DE RUPTURA (kgf)	RESISTENCIA COMPRESIÓN (kgf/cm²)
P 1	20.17	319.51	817.00	255.70
P 2	20.11	317.62	847.00	256.29
P 3	20.03	315.09	785.00	249.13
Promedio	20.10	317.41	816.33	253.71

Fuente: Lab. Labicer, Facultad de Ciencias UNI

Tabla 23

Resistencia a compresión de pasta patrón a los 60 días

MUESTRA	DIAMETRO (mm)	ÁREA (mm²)	CARGA DE RUPTURA (kgf)	RESISTENCIA COMPRESIÓN (kgf/cm²)
P 1	19.69	304.50	1149.00	377.34
P 2	20.17	319.52	1250.00	391.21
P 3	20.32	324.19	1215.00	374.78
Promedio	20.06	316.07	1204.67	381.11

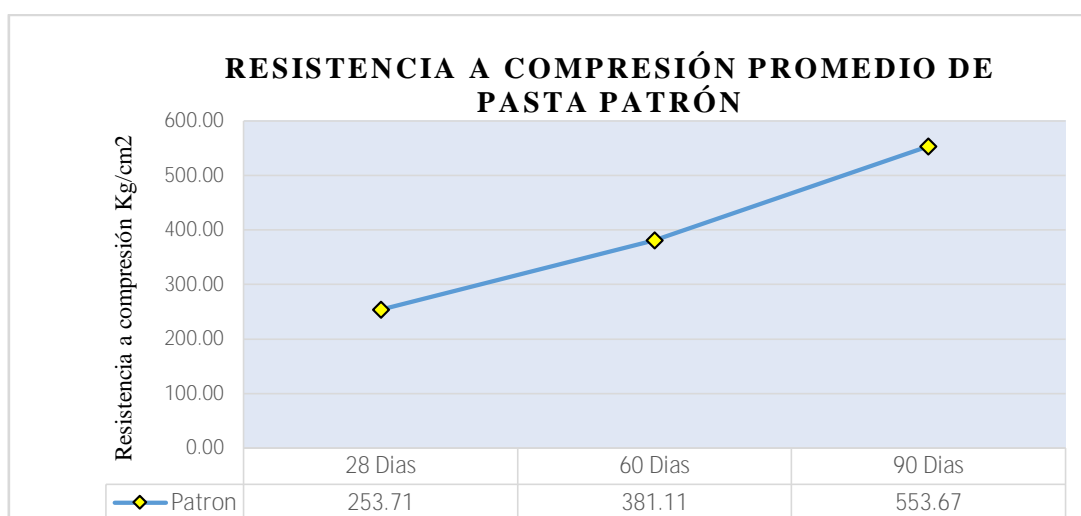
Fuente: Lab. Labicer, Facultad de Ciencias UNI

Tabla 24

Resistencia a compresión de pasta patrón a los 90 días

MUESTRA	DIAMETRO (mm)	ÁREA (mm²)	CARGA DE RUPTURA (kgf)	RESISTENCIA COMPRESIÓN (kgf/cm²)
P 1	20.29	323.34	1810.00	559.80
P 2	20.27	322.70	1750.00	542.30
P 3	20.40	326.85	1827.00	558.90
Promedio	20.32	324.30	1795.67	553.67

Fuente: Lab. Labic Facultad de Ciencias UNI



er, *Figura 14.* Resistencia a compresión patrón

Tabla 25

Resistencia a compresión de pasta experimental a los 28 días

MUESTRA	DIAMETRO (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA DE RUPTURA (kgf)	RESISTENCIA COMPRESIÓN (kgf/cm ²)
E 1	19.89	310.71	680.00	218.90
E 2	19.69	304.50	634.00	208.10
E 3	19.59	301.41	636.00	211.10
Promedio	19.72	305.54	650.00	212.70

Fuente: Lab. Labicer, Facultad de Ciencias UNI

Tabla 26

Resistencia a compresión de pasta experimental a los 60 días

MUESTRA	DIAMETRO (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA DE RUPTURA (kgf)	RESISTENCIA COMPRESIÓN (kgf/cm ²)
E 1	19.78	307.29	910.00	296.10
E 2	19.88	310.40	850.00	280.30
E 3	19.30	292.55	750.00	256.40
Promedio	19.65	303.41	836.67	277.60

Fuente: Lab. Labicer, Facultad de Ciencias UNI

Tabla 27

Resistencia a compresión de pasta experimental a los 90 días

MUESTRA	DIAMETRO (mm)	ÁREA (mm²)	CARGA DE RUPTURA (kgf)	RESISTENCIA COMPRESIÓN (kgf/cm²)
E 1	20.03	315.10	1117.00	354.49
E 2	20.20	320.47	1125.00	351.05
E 3	20.30	323.66	1120.00	346.04
Promedio	20.18	319.74	1120.67	350.53

Fuente: Lab. Labicer, Facultad de Ciencias UNI

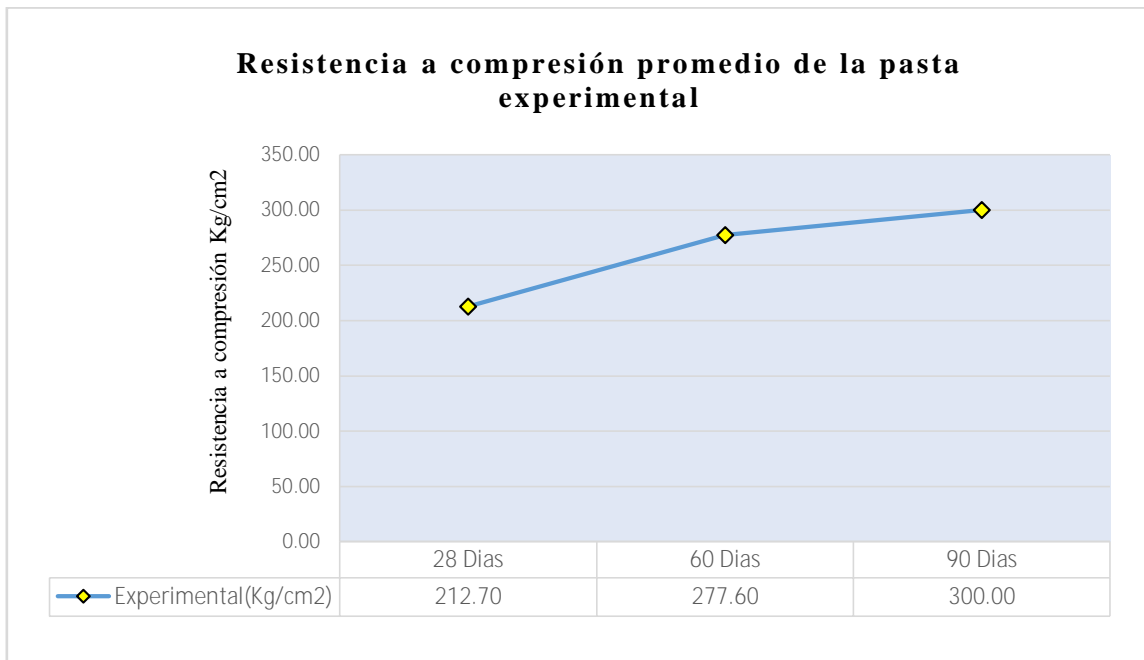


Figura 15. Resistencia a compresión pasta experimental

Consolidado de resistencia a compresión patrón y experimental

Tabla 28

Resultados de resistencia a compresión patrón y experimental

Edad	Patrón	Experimental
	Kg/cm ²	Kg/cm ²
28 días	255.70	218.90
	256.29	208.10
	249.13	211.10
Promedio	253.71	212.70
60 días	377.34	296.10
	391.21	280.30
	374.78	256.40
Promedio	381.11	277.60
90 días	559.80	354.49
	542.30	351.05
	558.90	346.04
Promedio	553.67	350.53

Tabla 29

Variación porcentual de la resistencia a compresión de las pastas en función a la edad.

Edad	Patrón		Experimental	
	(kg/cm ²)	Variación porcentual	(kg/cm ²)	Variación porcentual
28 días	253.71		212.70	
60 días	381.11	50.22%	277.60	30.51%
90 días	553.67	45.28%	350.53	26.27%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30

Variación porcentual de la resistencia a compresión en las pastas patrón vs experimental.

Edad	Patrón (kg/cm ²)	Experimental (kg/cm ²)	Variación porcentual
28 días	253.71	212.70	-19.28%
60 días	381.11	277.60	-37.29
90 días	553.67	350.53	-57.95%

Fuente: Elaboración propia

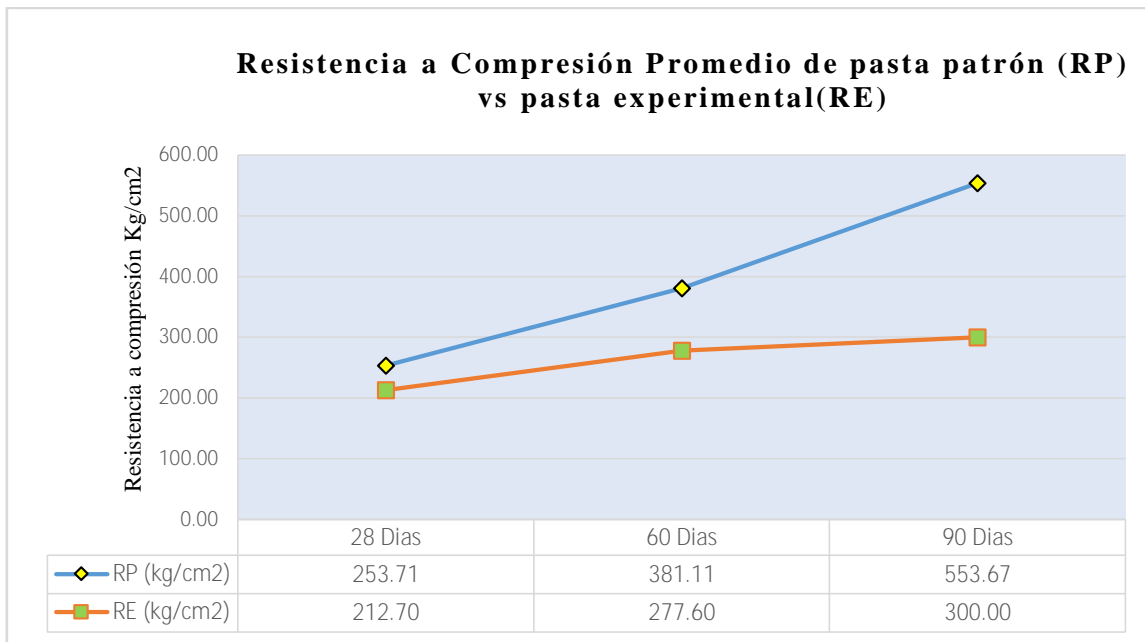


Figura 16. Resistencia a compresión promedio pasta patrón y experimental.

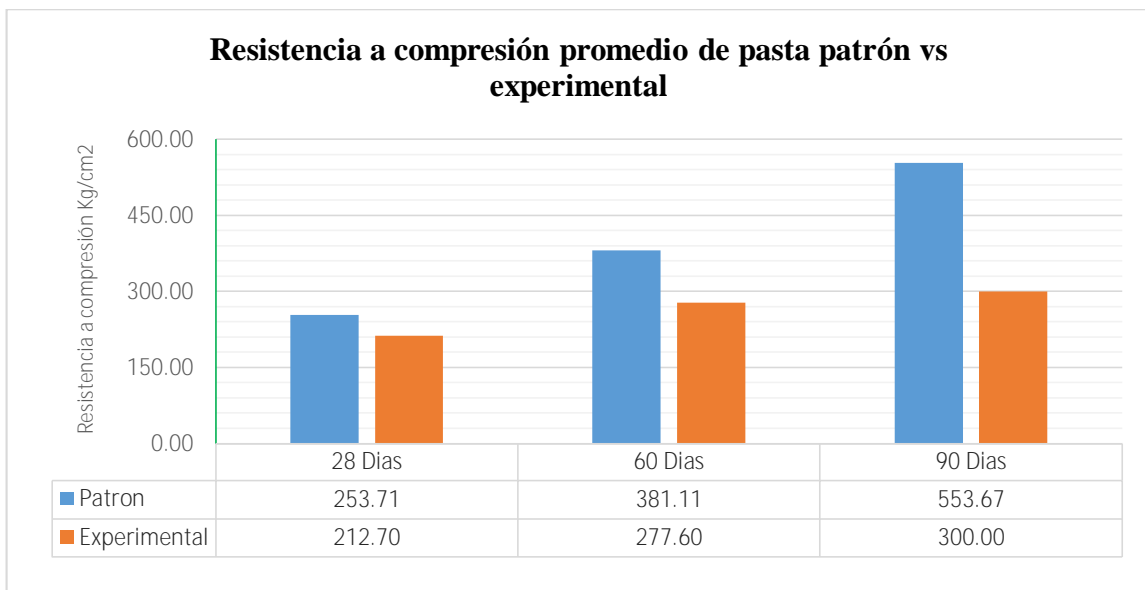


Figura 17. Resistencia a compresión promedio pasta patrón y experimental.

Consolidado de resistencia a compresión y conductividad térmica patrón y experimental

Tabla 31

Resultados de resistencia a compresión, conductividad térmica patrón y experimental

Edad	Patrón		Experimental	
	Kg/cm2	K (mk/w)	Kg/cm2	K (mk/w)
28 días	255.70	1.4179445	218.90	0.5336570
	256.29	1.4084970	208.10	0.5431570
	249.13	1.4182970	211.10	0.5261570
Promedio	253.71	1.4149129	212.70	0.5343236
60 días	377.34	1.2046071	296.10	0.3570965
	391.21	1.2054343	280.30	0.3379675
	374.78	1.2111538	256.40	0.3519146
Promedio	381.11	1.2070651	277.60	0.3489929
90 días	559.80	1.2031252	354.49	0.3479529
	542.30	1.1944120	351.05	0.3359407
	558.90	1.1819522	346.04	0.3239284
Promedio	553.67	1.1931632	350.53	0.3359407

Grado de relación entre la conductividad térmica y resistencia a compresión de la pasta patrón y experimental: El grado de relación entre las variables Conductividad térmica y resistencia mecánica a compresión se determinó teniendo en base al Coeficiente de Pearson

Tabla 32

Resultados del grado de correlación entre Conductividad térmica y resistencia a compresión

		R. COMPRESIÓN	C.TÉRMICA
R. COMPRESIÓN	Correlación de Pearson	1	.353
	Sig. (bilateral)		.151
	N	18	18
C.TÉRMICA	Correlación de Pearson	.353	1
	Sig. (bilateral)	.151	
	N	18	18

Fuente: Elaboración propia.

Análisis Estadístico

El Análisis de la varianza ANOVA de la Conductividad Térmica se realizó con la ayuda del Software IBM SPSS Statistics 23.

Tabla 33

Resumen de procesamiento de casos conductividad térmica

DIAS DE CURADO		Casos					
		Válido		Perdidos		Total	
		N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
CONduc. Térmica Patrón	28 DIAS	3	100.0%	0	0.0%	3	100.0%
	60 DIAS	3	100.0%	0	0.0%	3	100.0%
	90 DIAS	3	100.0%	0	0.0%	3	100.0%
CONduc. Térmica Experimental	28 DIAS	3	100.0%	0	0.0%	3	100.0%
	60 DIAS	3	100.0%	0	0.0%	3	100.0%
	90 DIAS	3	100.0%	0	0.0%	3	100.0%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34

Análisis descriptivos conductividad térmica patrón y experimental

DIAS	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo	
					Límite inferior	Límite superior			
C.Térmica A Patrón	28	3	1.4149	.00556	.00321	1.4011	1.4287	1.41	1.42
	60	3	1.2071	.00357	.00206	1.1982	1.2159	1.20	1.21
	90	3	1.1932	.01064	.00614	1.1667	1.2196	1.18	1.20
	Total	9	1.2717	.10775	.03592	1.1889	1.3545	1.18	1.42
C.Térmica A Experimental	28	3	.5343	.00852	.00492	.5132	.5555	.53	.54
	60	3	.3490	.00989	.00571	.3244	.3736	.34	.36
	90	3	.3359	.01201	.00694	.3061	.3658	.32	.35
	Total	9	.4064	.09650	.03217	.3322	.4806	.32	.54

Fuente: Software SPSS STATISTICS 23.

Tabla 35*Pruebas de Normalidad de la Conductividad Térmica*

DIAS DE CURADO		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
C. TÉRMICA PATRÓN	28 DIAS	.374	3	-	.777	3	.060
	60 DIAS	.343	3	-	.843	3	.222
	90 DIAS	.213	3	-	.990	3	.806
C.TÉRMICA EXPERIMENTA	28 DIAS	.198	3	-	.995	3	.870
	60 DIAS	.283	3	-	.935	3	.506
	90 DIAS	.175	3	-	1.000	3	1.000

Fuente: Software SPSS STATISTICS 23.

La prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk indica que cumple el supuesto de Normalidad (Estadístico entre 0.777 y 1.0, gl 3, $p > 0.05$).

Tabla 36*ANOVA de la Conductividad Térmica*

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
C. TÉRMICA PATRÓN	Entre grupos	.093	2	.046	885.199	.000
	Dentro de grupos	.000	6	.000		
	Total	.093	8			
C.TÉRMICA Experimental	Entre grupos	.074	2	.037	352.048	.000
	Dentro de grupos	.001	6	.000		
	Total	.075	8			

Fuente: Software SPSS STATISTICS 23.

El ANOVA Un factorial muestra para la pasta patrón y experimental un valor p-value < 0.00 ($0.00 < 0.05$), por consiguiente existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula y afirmar que hay diferencias en la conductividad térmica desacuerdo al nivel de sustitución.

El Análisis de la varianza ANOVA de la Resistencia a Compresion se realizó con la ayuda del Software IBM SPSS Statistics 23.

Tabla 37

Resumen de procesamiento de casos de la resistencia a compresión

Resistencia a compresión	Días de curado	Casos					
		Válido		Perdidos		Total	
		N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Patrón	28	3	100.0%	0	0.0%	3	100.0%
	60	3	100.0%	0	0.0%	3	100.0%
	90	3	100.0%	0	0.0%	3	100.0%
Experimental	28	3	100.0%	0	0.0%	3	100.0%
	60	3	100.0%	0	0.0%	3	100.0%
	90	3	100.0%	0	0.0%	3	100.0%

Fuente: Software SPSS STATISTICS 23.

Tabla 38

Resultados del Análisis descriptivos Resistencia compresión patrón y experimental

Resistencia a compresión	Días de curado	N	Media	Desviaciones estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Patrón	28	3	253.71	3.97	2.29	243.83	263.58	249.13	256.29
	60	3	381.11	8.84	5.10	359.15	403.07	374.78	391.21
	90	3	553.67	9.85	5.69	529.19	578.15	542.30	559.80
	Total	9	396.16	130.56	43.52	295.80	496.52	249.13	559.80
Experimental	28	3	277.60	19.99	11.54	227.95	327.25	256.40	296.10
	60	3	277.60	19.99	11.54	227.95	327.25	256.40	296.10
	90	3	350.53	4.25	2.45	339.97	361.08	346.04	354.49
	Total	9	301.91	39.16	13.05	271.80	332.01	256.40	354.49

Fuente: Software SPSS STATISTICS 23.

Tabla 39

Resultados de Pruebas de Normalidad de la Resistencia a compresión

Resistencia compresión	Días de curado	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Patrón	28	.811	3	.142
	60	.864	3	.278
	90	.788	3	.087
Experimental	28	.986	3	.776
	60	.986	3	.776
	90	.989	3	.796

Fuente: Software SPSS STATISTICS 23.

La prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk indica que se cumple el supuesto de Normalidad (Estadístico entre 0.788 y 0.989, gl 3, $p > 0.05$).

Tabla 40

ANOVA de la Resistencia a compresión

		Suma cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
R. COMPRESIÓN PATRÓN	Entre grupos	135983.414	2	67991.707	1067.67	.000
	Dentro de grupos	382.091	6	63.682		
	Total	136365.505	8			
R. COMPRESIÓN EXPERIMENTAL	Entre grupos	10636.597	2	5318.299	19.52	.002
	Dentro de grupos	1634.072	6	272.345		
	Total	12270.669	8			

Fuente: Software SPSS STATISTICS 23.

El ANOVA Un factorial muestra para la pasta patrón y experimental un valor p-value < 0.00 ($0.00 < 0.05$), por consiguiente existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula y afirmar que hay diferencias en la resistencia a compresión desacuerdo al nivel de sustitución.

IV. Análisis y Discusión

El Análisis Termo gravimétrico de la ceniza de concha de abanico (CCA) muestra tres fases principales (Tabla 1.), la primera entre 40°C y 710°C donde se observa una ligera pérdida de componentes como el agua o desorción de gases debido a la evaporación de estas, así mismo se mantiene una importante estabilidad térmica correspondiente a una mantención de masa del material a altas temperaturas. En la segunda fase se inicia el proceso de descomposición del carbonato de calcio y se da entre 710°C a 800°C. Por último entre 800°C y 900°C se produce la calcinación y descomposición térmica de compuestos, aquí el carbonato de calcio se transforma en su fase activa de óxido de calcio; en esta última etapa se genera una notable pérdida de masa. Terminado este proceso térmico se obtienen cenizas en forma de óxidos, cuya masa final representa un 57% de la masa inicial. Se activó las conchas de abanico a 800°C durante 4 horas.

La composición básica del cemento portland ordinario se tomó como referencia: 63.4% de CaO, 20.16% de SiO₂, 4.36% de Al₂O₃ (Frías et al., 2012).

Los resultados de Fluorescencia de Rayos X de Energía Dispersiva (FRXDE) de la CCA muestran que después de ser calcinadas a 800°C durante 4 horas; estas contienen 78.37% de CaO, 18.63% de Al₂O₃ y 1.78% de SiO₂ (Tabla 7), los porcentajes para el CaO y Al₂O₃ superan al CPO para estos mismos elementos, pero no para el SiO₂, por lo tanto esto permitido su sustitución parcial. En la CCA la suma de materiales precursores cementantes es de 98.78% que es mayor al parámetro de 70% establecido en la norma ASTM C618 convirtiéndolo en buen material puzolánico. Tomando como referencia el trabajo de Julián et al. (2016) quienes reportan la calcinación de concha de abanico a 1000°C durante 1 hora obteniendo 93.3% de CaO. La diferencia con este trabajo respecto al contenido de CaO probablemente se deba a la temperatura, tiempo de calcinación y a al grado de madurez de las conchas. Los resultados de Fluorescencia de Rayos X de Energía Dispersiva (FRXDE) de la mezcla de 70%CPO+20%CCA+10%PCA muestran que después de caracterizar y homogenizar adecuadamente cada uno de los componentes; se obtiene 61.567% de CaO, 11.552% de Al₂O₃, 21.503% de SiO₂, 2.763% de SO₂ (Tabla 8.); los porcentajes de SiO₂ y Al₂O₃ superan al CPO reportados por Frías et al., (2012) para estos mismos elementos, pero

no para el CaO, sin embargo este último se encuentra dentro del rango reportado por Rivera (2013) de 60% a 67% para el CaO. Dentro de los parámetros descritos se espera obtener resultados favorables.

Los resultados de la alcalinidad para cada muestra y para la mezcla, indican que el nivel de pH de para el CPO es 11.83, PCA es 7.42, CCA es 11.82 y de la mezcla 11.71; esto refleja que el compuesto analizado es alcalino y tiene una buena predisposición a la adherencia de materiales entre sí. El pH más bajo es el del PCA con 7,42 que es neutralizado en el pH de los demás componentes y no tendría ningún efecto negativo en la pasta.

Los resultados de peso específico se muestran en la Tabla 11, indicando que la mezcla tiene un valor de 3.316 gr/cm^3 , tomando como referencia las especificaciones de Cementos Pacasmayo S.S.A para el cemento portland tipo I que reportan un valor de 3.120 gr/cm^3 . Esto indica que la mezcla de 70% CPO+20% CCA+10% PCA ocupa menor volumen con respecto a 1 cm^3 , lo cual tendrá efectos en la relación agua cemento de la pasta experimental.

Analizando las proporciones de conformación de las pastas, en la Tabla 10., se observa que las proporciones se formaron en función al peso. En la conformación de la pasta patrón se utilizó una relación A/C de 0.45 siguiendo el antecedente de Jeffrey, H., & Thomas, J. (2009) y para la elaboración de la pasta experimental se requirió un relación A/C de 0.468, la diferencia entre la pasta patrón y experimental fue de 4.32 gr de agua por cada tanda de 6 probetas. Este aumento de agua en la pasta probablemente se deba al tamaño de partícula de $75 \mu\text{m}$ del material con el que se trabajó. Al reducir el tamaño de partícula aumenta el área efectiva de reacción ocasionando que se necesite mayor cantidad de agua en el proceso de hidratación.

Los resultados de la conductividad térmica (CT) de la pasta patrón y experimental se muestran en la Tabla 18., la CT de las pastas patrón a los 28, 60 y 90 días; muestran valores de 1.41491 W/mk, 1.20706 W/mk y 1.19316 W/mk respectivamente, a los 90 días la CT se mantiene casi constante. Los valores de la CT de las pastas experimentales a los 28, 60 y 90 días son 0.53432 W/mk, 0.34899 W/mk y 0.33594 W/mk respectivamente, entre día 60 y 90 tanto en el patrón como experimental; la CT

se mantiene casi constante. Analizando la variación de la CT en la pasta experimental con respecto al patrón a los 28, 60 y 90 días, se puede observar una reducción de la CT a los 28 días de 62.24%, a los 60 días se aprecia una reducción en la CT de 71.09% y a los 90 días una reducción de 71.84%.

Dentro de los parámetros establecidos por Torres (2004) para la clasificación de aislantes térmicos en función de la conductividad térmica, podemos clasificar a pasta conformada por el 70% CPTI + 20% CCA+ 10%PCA como un aislante mediano puesto que los valores de la CT están entre 0.16 W/mk y 0.56 W/mk. Así mismo comprobamos que la cáscara de arroz puede ser usado como material aislante térmico que coincide con lo manifestado por Kapur (1980) y Cadena et al. (2002).

Los resultados de la resistencia a compresión (RC) de las pastas patrón y experimental se muestran en la Tabla 27, al hacer la medición RC de la de las pastas patrón a los 28, 60 y 90 días, se obtuvo valores de 253.71 kg/cm², 381.11 kg/cm² y 553.67 kg/cm² respectivamente, y las pasta experimental 212.70 kg/cm², 277.60 kg/cm² y 350.53 kg/cm², en ningunos de los casos la pasta patrón pudo superar al experimental. Tomando como referencia el trabajo de Santiago, (2016), quien reporta una resistencia a compresión a los 28 días con una sustitución de 10% de polvo de cáscara de arroz de 100 kg/cm², se observa que en este trabajo se registró un aumento de la resistencia a compresión a 212.70 kg/cm², a pesar de tratarse del mismo porcentaje de sustitución con respecto al PCA; este aumento probablemente se deba a la adición de la CCA que permite obtener una mayor cantidad de CaO, que a su vez permite obtener elemento puzolanicos de Hidróxido de Calcio [Ca(OH)₂] cuando se combina con agua y cemento. La resistencia a compresión en la pasta experimental no pudo superar al patrón en las edades analizadas, probablemente se deba a un porcentaje muy elevado de sustitución, que saturo el contenido de óxido de calcio en la muestra. Otra razón probable se deba al uso en polvo de la cáscara de arroz, pues; en este estado contiene alrededor de 1000-1200 mg/l de nitratos (Ojanama et al., 2012) esta concentración detiene la reacción química entre los elementos cementante y el agua actuando como in inhibidor, ocasionando que la pasta experimental no pueda superar al patrón.

El grado de relación entre la conductividad térmica y la resistencia a compresión se determina con el coeficiente de Correlación de Pearson. En la Tabla 31., se puede visualizar que el p-value $> (0.353 > 0.05)$, por consiguiente existe suficiente evidencia estadística para afirmar que la conductividad térmica está relacionada significativamente con la resistencia a compresión. Por otra parte el coeficiente de correlación de Pearson=0.353, indica una relación positiva de nivel bajo a moderado.

De acuerdo al análisis estadístico de ANOVA Unifactorial de la conductividad térmica y resistencia compresión en las muestras patrón y experimental, en ambos casos existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula y afirmar que hay diferencias significativas en la conductividad térmica y resistencia compresión de acuerdo al nivel de sustitución, con esto se infiere que nuestros resultados son reproducibles.

V. Conclusiones y recomendaciones

En base al análisis realizado en el presente trabajo, se obtienen las siguientes conclusiones:

La concha de abanico tiene una estabilidad térmica correspondiente a una mantención de masa del material a altas temperaturas. La calcinación y descomposición térmica del material se produce entre 800°C y 900°C, en esta investigación se tomó la temperatura de 800°C, en este rango se genera una pérdida de masa del orden de 47%.

En la concha de abanico, se logró activar 78.37% de carbonato de calcio. Los componentes químicos en la mezcla, muestran resultados favorables con 94% materiales precursores cementantes siendo mayor al parámetro de 70% establecido en la norma ASTM C618 convirtiéndolo en buen material puzolánicos.

Con las proporciones usadas para la conformación de las pastas, se obtiene una mezcla alcalina con un pH de 11.71; que favorece a la adherencia entre sí de los materiales.

El peso específico de la mezcla es mayor que la del cemento portland ordinario.

En las pastas patrón y experimental, no se registraron variaciones significativas de la CT a los 90 días. Con respecto a la resistencia a compresión se registró aumentos significativos de forma lineal durante los 28, 60 y 90 días.

El polvo de cáscara de arroz es un buen material aislante térmico y pudo reducir en promedio 65% de la conductividad térmica en la pasta experimental con respecto al patrón, sin embargo que la resistencia a compresión en la pasta experimental no supero al patrón en los días analizado.

En base al análisis realizado en el presente trabajo, se obtienen las siguientes recomendaciones:

Realizar la activación de la concha de abanico a temperaturas y tiempos diferentes según el ATD y ver en qué nivel se obtiene mayor o menor óxido de calcio.

Utilizar la cáscara de arroz en cenizas para evaluar cómo evoluciona la resistencia a compresión.

Disminuir el porcentaje de sustitución de ceniza de concha de abanico hasta obtener el porcentaje óptimo que no sature la cantidad de óxido de calcio.

Usar en estudios superiores trabajar con tamaños de partículas inferiores a 75 μm para aumentar el área efectiva de reacción de dichos materiales.

En investigaciones posteriores obtener la relación agua/cemento para la pasta patrón y experimental mediante el uso de la Aguja de Vicat.

No ensayar las muestras a edades mayores a 60 días por que no se observa cambios Significativos en la conductividad térmica ni en la resistencia a compresión.

VI. Agradecimiento

En esta página plasmo mi profundo agradecimiento a cada una de aquellas personas que han contribuido al desarrollo del presente trabajo de investigación, en especial a mí asesor Ing. Flores Reyes Gumercindo por sus importantes contribuciones y amplios conocimientos compartidos para la realización de esta investigación.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bhardwaj, A., Hossain, S. K. S., & Majhi, M. R. (2017). Preparation and characterization of clay bonded high strength silica refractory by utilizing agriculture waste. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 56(6), 256-62.
- Cadena, C. G., Silvera, A. J. B., & Bula, J. (2002). Estudio de la variación en la conductividad térmica de la cascarilla de arroz aglomerada con fibras vegetales. *Ingeniería y Desarrollo*, 1(12), 8-9. Recuperado: <https://search.proquest.com/openview/ad2ea48cb17aa58af3f543333e374bf3/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2027443>
- Cengel, J.A (2007). *Transferencia de calor y masa un enfoque práctico*. Monterrey, Mexico: Mc Graw Hill. Recuperado de https://www.u-cursos.cl/usuario/cfd91cf1d8924f74aa09d82a334726d1/mi_blog/r/Transferencia_de_Calor_y_Masa_-_Yunus_Cengel_-_Tercera_Edicion.pdf
- Cerón A. L. y León Y. M. (2010). *Activación física de cascarilla de arroz aglomerada con engrudo de almidón de yuca para la obtención de carbón activado*. (Trabajo de Pregrado). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- Currie, H. A., & Perry, C. C. (2007). Silica in plants: biological, biochemical and chemical studies. *Annals of Botany*, 100(7), 1383-1389.
- FAO, (2017). *Producción mundial de arroz*. Recuperado de <http://www.fao.org/economic/est/publications/publicaciones-sobre-el-arroz/seguimiento-del-mercado-del-arroz-sma/es/>
- Flores, L., y Mazza, J. (2014). *Utilización de residuos de conchas de abanico como mejoramiento en las propiedades resistentes del concreto*. (Tesis para optar el grado de Ingeniero Civil). Universidad Nacional del Santa, Chimbote, Perú.
- Frías, M., Sabastano, H., Villar, E., Sánchez, M. & Santos, S. (2012). Characterization and properties of blended cement matrices containing activated bamboo leaf wastes. *Cement & concrete composites*, 34:1019-1023.

- Gilabert, J., Zumaquero, E., Machí, C., & Gómez-Tena, M. P. (2014). Determinación de la conductividad térmica en la industria cerámica por el método modificado de la fuente plana transitoria. *Técnicas de laboratorio*, 728(397).
- Herruela, F. (2014). *Contenidos formativos de certificados de profesionalidad pastas, morteros, adhesivos y hormigones*. España: Tornapunta Ediciones, S.L.U.
- Jeffrey, H. M., & Thomas. J. (2009). *Materials of Cement Science Primer: The Science of Concrete* (No. Project A474).
- Julián C., Segura, L., y Jara, W. (2015). Resistencia de nuevos materiales para sustituir el cemento en concreto. *Conocimiento para el desarrollo*, 6(1), 2.
- Kapur, P. C. (1980). Thermal insulations from rice husk ash, an agricultural waste. *Ceramurgia International*, 6(2), 75-78.
- Mejilla Ezequiel, C., Pérez Martínez, A. (2016). *Adición de ceniza de cáscara de arroz y concha de abanico en el cemento para la dosificación de concreto a la resistencia de compresión $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$* . Tesis de Grado. Universidad San Pedro, Chimbote, Perú.
- Mikuli , D., Milovanovi , B., & Gabrijel, I. (2013). Analysis of thermal properties of cement paste during setting and hardening. *In Nondestructive Testing of Materials and Structures*, 6(180), 465-471.
- MINAGRI, (2018).Producción de arroz en el Perú. Recuperado de <http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/boletines/prodagricola-pecuaria-avicola/2017/boletin-produccion-comercializacion-avicolamayo2017.pdf>
- Murray, S., Subramani, V., Selvam, R., & Hall, K. (2010). Molecular dynamics to understand the mechanical behavior of cement paste. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2142), 75-82.
- Norma Técnica Peruana, NTP 334.009 (2013). *Cemento Portland adiciones. Requisitos (5ª edición.)*.

- Norma Técnica Peruana NTP 331.1977 (2010). *Materiales refractarios. Requisitos (5ª edición.)*.
- Norma Técnica Peruana NTP 331.1977 (2010). *Agua para el concreto. (5ª edición.)*.
- Ojanama, G., Chota, F., y Gastón, C. (2012). Efectos de los fertilizantes químicos en el suelo por producción de arroz.
- PRODUCE. (2018). Cosecha de recursos hidrobiológicos procedentes de la actividad de acuicultura según especie y ámbito. Recuperado de: http://www.produce.gob.pe/index.php/estadistica_acuicultura
- Reglamento Nacional de Edificaciones, E-0.60 (2009). *Concreto armado*.
- Rivera, G. (2013). *Concreto simple*. Colombia, Cauca: Continente Editores.
- Rougeron, C. (1977). *Aislamiento acústico y térmico en la construcción*. Barcelona: Técnicos Asociados, S.A.
- Santa Gadea, I. (2016). *Conductividad térmica de una pasta de cemento-arcilla, en la cual la arcilla ha sido sustituida en 5% y 10% por polvo de cáscara de arroz*. Tesis de pregrado. Universidad San Pedro, Chimbote, Perú.
- Santiago, D. (2017). *Resistencia Térmica y Mecánica sustituyendo 5% y 10% del cemento por polvo de cáscara de arroz*. Tesis de pregrado. Universidad San Pedro, Chimbote, Perú.
- Villegas, C. (2012). *Uso de cascarilla de arroz para construir viviendas seguras a bajo costo*. (Tesis de Posgrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Wang, W., Martin, J. C., Fan, X., Han, A., Luo, Z., & Sun, L. (2012). Silica nanoparticles and frameworks from rice husk biomass. *ACS applied materials & interfaces*, 4(2), 977-981.

VIII. ANEXOS

Anexo N°1

Análisis Térmico Diferencial



Trujillo, 18 de octubre del 2017

INFORME N° 114 - OCT 17

Solicitante: David Santiago Barrios-- Universidad San Pedro

RUC/DNI:

Supervisor:

1. MUESTRA: Concha de abanico (1 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CA-114O	35.8 mg

2. ENSAYOS A APLICAR

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

Análisis Termogravimétrico TGA.

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

Analizador Térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.

Tasa de calentamiento: 20 °C/min

Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min

Rango de Trabajo: 25 – 900 °C.

Masa de muestra analizada: 35.8 mg.

Jefe de Laboratorio:

Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable:

Ing. Danny Chávez Novoa

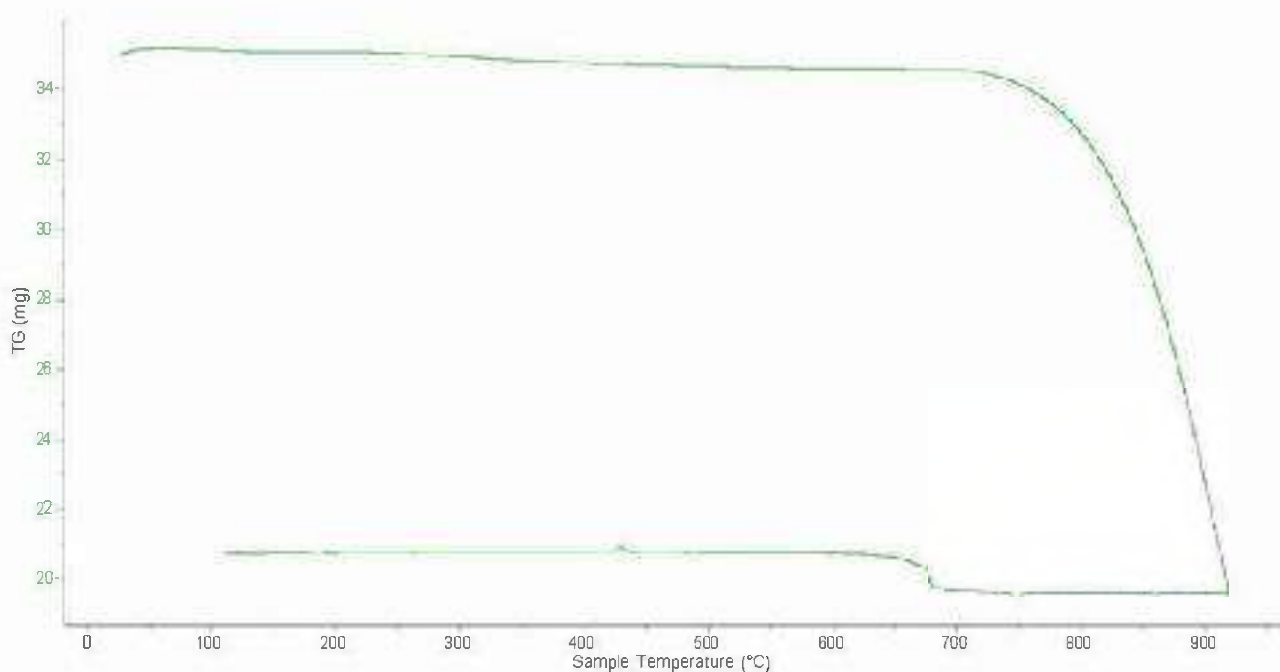


Trujillo, 18 de octubre del 2017

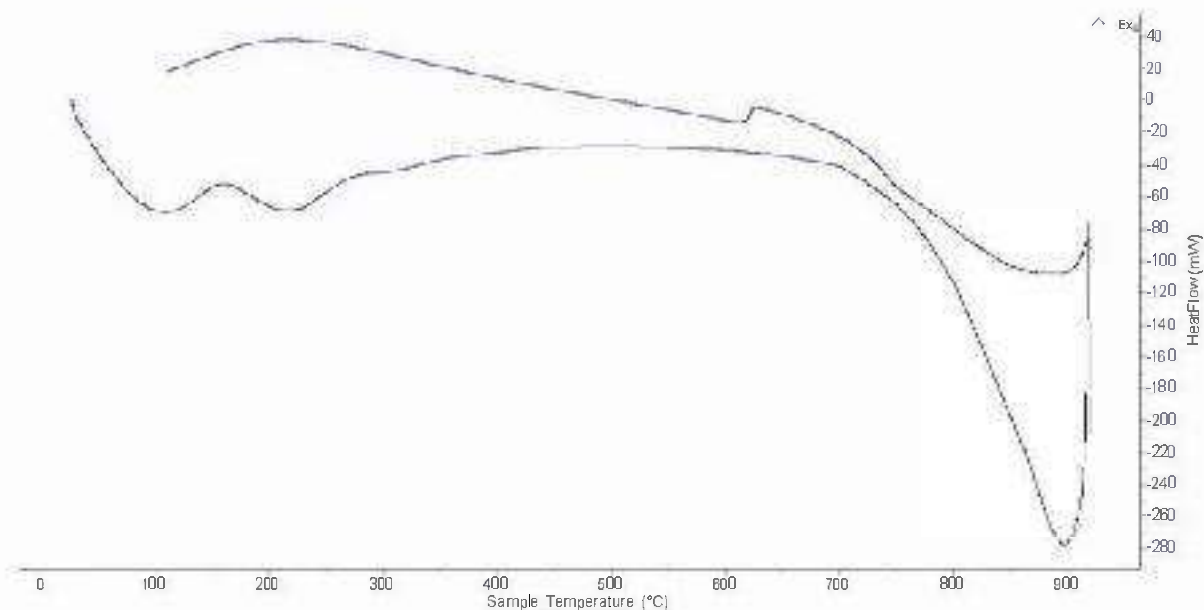
INFORME N° 114 - OCT 17

4. Resultados:

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



II- Curva Calorimétrica ATD





Trujillo, 18 de octubre del 2017

INFORME N° 114 - OCT 17

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra una importante estabilidad térmica correspondiente a una mantención de la masa del material a altas temperaturas hasta aproximadamente 710°C a partir del cual el material comienza a descomponerse térmicamente. El material llega a perder un total de 43% cuando se alcanza la máxima temperatura de ensayo.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se muestra unas ligeras bandas endotérmicas en torno a 110°C y en torno a 210 °C, posteriormente se muestra una intensa absorción de calor a 900°C con gran probabilidad de ocurrir cambios estructurales y en las propiedades del material.

Trujillo, 18 de octubre del 2017

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

Anexo N°2

Fluorescencia de rayos X dispersiva en
energía (FRXDE)



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Laboratorio de Arqueometría

Informe N°126-LAQ/2017

Análisis de una muestra de ceniza de concha de abanico por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de ceniza de concha de abanico a pedido del Sr. **Santiago Barrios, David Elvis**, alumno de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

“Conductividad Térmica y Resistencia a Compresión de una Pasta Sustituyendo al Cemento por una mezcla de 10% de Polvo de Cáscara de Arroz y 20% de Residuos Calcáreos de Concha de Abanico.”

La muestra está en forma de grano fino de color blanco.

Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 10 μ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 6910 cts/s

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

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos.. Como



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Laboratorio de Arqueometría

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

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

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

Resultados.

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Laboratorio de Arqueometría

recalcarse que la técnica da directamente la concentración de los elementos químicos. Estos resultados se utilizan luego para determinar la concentración de los óxidos.

Tabla 1. Composición elemental de la muestra de ceniza de concha de abanico en % de masa.

Óxido	%masa	Normalizado
Al ₂ O ₃	16.429	18.633
SiO ₂	1.574	1.785
P ₂ O ₅	0.052	0.059
SO ₂	0.779	0.883
ClO ₂	0.059	0.067
CaO	69.104	78.377
TiO ₂	0.009	0.010
Cr ₂ O ₃	0.003	0.003
Fe ₂ O ₃	0.007	0.008
Ni ₂ O ₃	0.001	0.001
ZnO	0.011	0.012
SrO	0.142	0.161
Totales	88.169	100.00

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



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

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 30 de diciembre del 2017



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Laboratorio de Arqueometría

Informe N°07-LAQ/2018

Análisis de una mezcla de cemento, ceniza de concha de abanico y polvo de cáscara de arroz por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) de una muestra de cemento, ceniza de concha de abanico y polvo de cáscara de arroz a pedido del Sr. **Santiago Barrios, David Elvis**, alumno de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

“Conductividad Térmica y Resistencia Mecánica de una Pasta Sustituyendo 10% y 20% del Cemento por la Ceniza de Concha de Abanico y Polvo de Cáscara de Arroz.”

La muestra está en forma de grano fino de color plomo.

Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 10 μ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 7600 cts/s

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

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos.. Como



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

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

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

Resultados.

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Laboratorio de Arqueometría

recalcarse que la técnica da directamente la concentración de los elementos químicos. Estos resultados se utilizan luego para determinar la concentración de los óxidos.

Tabla 1. Composición elemental de la mezcla de cemento con 10% de ceniza de concha de abanico y 20% de polvo de cáscara de arroz en % de masa.

Óxido	%masa	Normalizado
Al ₂ O ₃	10.021	11.552
SiO ₂	18.652	21.503
SO ₂	2.396	2.763
K ₂ O	0.566	0.653
CaO	53.404	61.567
TiO ₂	0.119	0.135
Cr ₂ O ₃	0.009	0.011
MnO	0.026	0.030
Fe ₂ O ₃	1.436	1.655
Ni ₂ O ₃	0.019	0.012
CuO	0.006	0.006
ZnO	0.026	0.030
SrO	0.071	0.082
ZrO ₂	0.001	0.001
Totales	86.741	100.00

La suma en términos de contenido de óxidos es menor que 100%. Es probable que la muestra esté constituida en parte por Na y/o Mg que esta técnica no puede identificar y/o por compuestos diferentes que óxidos y/o hay una deficiencia en la calibración del instrumento. Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X para determinar los compuestos que contiene la muestra con mayor precisión.



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

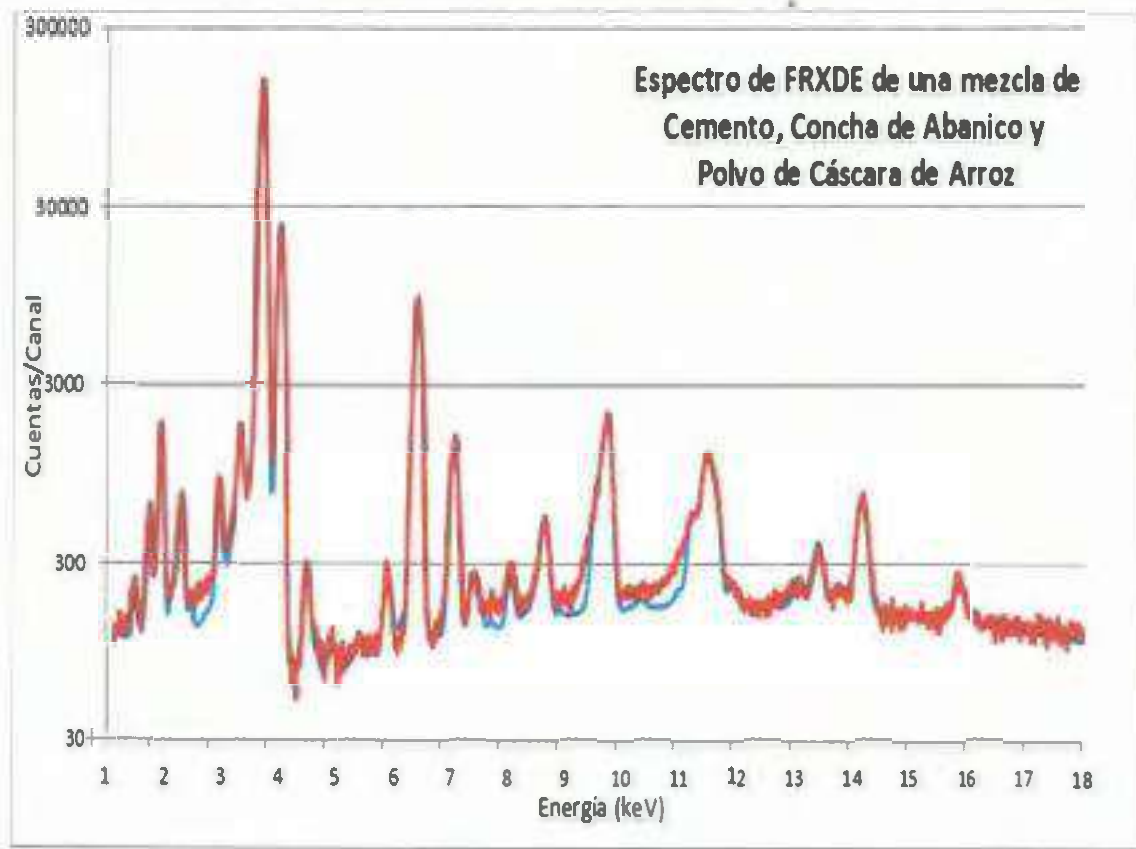


Figura 1. Espectro de FRXDE de una mezcla de cemento con ceniza de concha de abanico (20%) y polvo de cáscara de arroz (10%) en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos
Laboratorio de Arqueometría

Lima, 24 de enero del 2018

Anexo N°3

Potencial de hidrogeno 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° 20171227-004

Pag. 1 de 1

SOLICITADO POR : DANIEL ELVIS SANTIAGO BARRIOS.
DIRECCIÓN : Av. Los Alamos AA.HH. Las Flores Mz. E Lote 29 Nuevo Chimbote.
PRODUCTO DECLARADO : ABAJO INDICADOS.
CANTIDAD DE MUESTRA : 04 muestras
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En bolsa de polietileno cerrada.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2017-12-27
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2017-12-27
FECHA DE TERMINO DEL ENSAYO : 2017-12-27
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio de Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI : SS 171227-3

RESULTADOS

MUESTRAS	ENSAYO
	pH
Cemento Portland Tipo I “CPOI”	11,83
Cenizas de Concha de Abanico “CCA”	11,82
Polvo de Cáscara de Arroz “PCA”	7,42
Mezcla 20% CCA + 10% PCA + 70% CPOI	11,71

METODOLOGÍA EMPLEADA

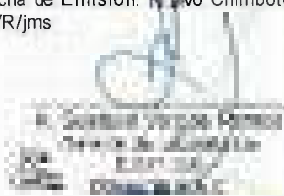
pH : Potenciométrico.

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- 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

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Diciembre 28 del 2017.

GVR/jms



LC-MP-HRIE
Rev. 04
Fecha 2015-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
SIN LA AUTORIZACION ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752

Nextel: 839*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127

e-mail: colecbi@speedy.com.pe/ medioambiente_colecbi@speedy.com.pe

Web: www.colecbi.com

Anexo N°4

Peso específico



DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

(Frasco de Le Chaletair)

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

SOLICITA : BACH SANTIAGO BARRIOS DAVID ELVIS
TESIS : CONDUCTIVIDAD TERMICA Y RESISTENCIA A COMPRESION DE UNA PASTA SUSTITUYENDO
EL CEMENTO EN 10% Y 20% POR POLVO DE CASCARA DE ARROZ Y CENIZA DE CONCHA DE ABANICO
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA– ANCASH
MATERIAL : MEZCLA 70% DE CEMENTO + 20% DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO+ 10% DE POLVO DE CASCARA DE AF
FECHA : 07/02/2018

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.20	0.20
LECTURA FINAL	(ml)	19.50	19.50
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	19.30	19.30
PESO ESPECIFICO		3.316	3.316
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	(gr / cm ³)	3.316	

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**
FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

(Frasco de Le Chaletair)

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

SOLICITA BACH SANTIAGO BARRIOS DAVID ELVIS
TESIS CONDUCTIVIDAD TERMICA Y RESISTENCIA A COMPRESION DE UNA PASTA SUSTITUYENDO
EL CEMENTO EN 10% Y 20% POR POLVO DE CASCARA DE ARROZ Y CENIZA DE CONCHA DE ABANICO
LUGAR CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA– ANCASH
MATERIAL CENIZA DE CONCHA DE ABANICO
FECHA 07/02/2018

PRUEBAN°		01	02
FRASCON°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.20	0.20
LECTURA FINAL	(ml)	21.50	21.50
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	21.30	21.30
PESO ESPECIFICO		3.005	3.005
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	(gr/cm3)	3.005	

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**
FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFP



DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

(Frasco de Le Chaletair)

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

SOLICITA : BACH SANTIAGO BARRIOS DAVID ELVIS
TESIS : CONDUCTIVIDAD TERMICA Y RESISTENCIA A COMPRESION DE UNA PASTA SUSTITUYENDO
EL CEMENTO EN 10% Y 20% POR POLVO DE CASCARA DE ARROZ Y CENIZA DE CONCHA DE ABANICO
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA-ANCASH
MATERIAL : POLVO DE CASCARA DE ARROZ
FECHA : 07/02/2018

PRUEBANº		01	02
FRASCO Nº			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.20	0.20
LECTURA FINAL	(ml)	22.20	22.20
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	22.00	22.00
PESO ESPECIFICO		2.909	2.909
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	(gr / cm3)	2.909	


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE

Anexo N°5

Calcinación de muestras



ANÁLISIS DE LABORATORIO

SOLICITADO POR : BACH. David Elvis Santiago Barrios
ASUNTO : Calcinación de Muestras
FECHA DE RECEPCION : 05/10/17
FECHA DE ENTREGA : 06/10/17

Descripción	Proceso	Temperatura (°C)	Tiempo	Peso inicial (gr)	Peso final (gr)
RESIDUOS CALCAREOS DE CONCHA DE ABANICO	Calcinación	800	4.00 HORAS	998	528.9

Chimbote, 05 de febrero de 2018


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE

Anexo N°6

Conductividad térmica

Patrón 28 días de curado

P1	Sensor	Valid	Effusivity (Wsz/m²K)	k (W/mK)	1/m	R2	Start	V0 (mV)	VMax (mV)	DeltaV (mV)	Ambient (°C)	T0 (°C)	DeltaT (°C)
1	T136	True	1612.085847	1.40927154	126.241976	0.99946671	22/06/2017 09:40	2587.792	2592.719	4.927397	25.0266113	25.2226601	0.56728394
2	T136	True	1621.203961	1.42344483	126.718607	0.9995178	22/06/2017 09:41	2587.877	2592.801	4.92382	25.0266113	25.2324867	0.5668717
3	T136	True	1614.314385	1.41272716	126.358468	0.99956277	22/06/2017 09:42	2588.21	2593.132	4.921436	25.0266113	25.2708321	0.56659776
4	T136	True	1616.834613	1.41664165	126.490208	0.99943983	22/06/2017 09:43	2588.082	2593.018	4.93598	25.0266113	25.2560101	0.56827182
5	T136	True	1621.861439	1.42447036	126.752976	0.99940143	22/06/2017 09:44	2588.386	2593.296	4.910231	25.0266113	25.2910633	0.56530613
6	T136	True	1618.498293	1.41922956	126.577174	0.9995395	22/06/2017 09:45	2587.448	2592.365	4.917383	25.0266113	25.1830788	0.56613082
7	T136	True	1621.013177	1.42314733	126.708634	0.99935089	22/06/2017 09:46	2588.069	2592.999	4.930496	25.0266113	25.2545013	0.56763953
8	T136	True	1618.188834	1.41874795	126.560997	0.99950649	22/06/2017 09:47	2586.984	2591.912	4.927635	25.0266113	25.1296921	0.56731100
9	T136	True	1618.013836	1.41847565	126.55185	0.99943547	22/06/2017 09:48	2587.515	2592.447	4.931211	25.0266113	25.1908207	0.56772143
10	T136	True	1614.676509	1.41328919	126.377398	0.99946185	22/06/2017 09:49	2587.648	2592.578	4.930496	25.0266113	25.2060547	0.56763917

P2	Sensor	Valid	Effusivity (Wsz/m²K)	k (W/mK)	1/m	R2	Start	V0 (mV)	VMax (mV)	DeltaV (mV)	Ambient (°C)	T0 (°C)	DeltaT (°C)
1	T136	True	1600.870487	1.391966307	125.63497	0.99952542	22/06/2017 09:52	2586.598	2591.555	4.957199	24.866087	25.0352726	0.57061815
2	T136	True	1602.522802	1.39450446	125.721341	0.99936289	22/06/2017 09:53	2587.093	2592.051	4.957438	24.866087	25.0922737	0.57064593
3	T136	True	1606.974182	1.40136581	125.954028	0.99932915	22/06/2017 09:54	2587.879	2592.817	4.938126	24.866087	25.182703	0.56842208
4	T136	True	1620.717492	1.42268634	126.271984	0.99941295	22/06/2017 09:55	2586.148	2591.073	4.925251	24.866087	24.9834576	0.56694114
5	T136	True	1610.338887	1.40656644	126.12991	0.99945478	22/06/2017 09:56	2587.425	2592.369	4.943609	24.866087	25.130476	0.56905413
6	T136	True	1611.117212	1.40777125	126.170597	0.99946875	22/06/2017 09:57	2587.109	2592.045	4.935503	24.866087	25.0941124	0.56812114
7	T136	True	1610.924919	1.40747353	125.76317	0.9994756	22/06/2017 09:58	2585.304	2590.24	4.93598	24.866087	24.8663049	0.56817657
8	T136	True	1607.636582	1.40238867	125.988654	0.99943407	22/06/2017 09:59	2586.654	2591.589	4.935503	24.866087	25.041666	0.56812179
9	T136	True	1621.508378	1.4239196	126.313077	0.99938878	22/06/2017 10:00	2586.174	2591.113	4.939556	24.866087	24.9863949	0.5685870
10	T136	True	1623.05368	1.42633124	126.39337	0.99939625	22/06/2017 10:01	2585.727	2590.65	4.922867	24.866087	24.9350185	0.56666684

P3	Sensor	Valid	Effusivity (Wsz/m²K)	k (W/mK)	1/m	R2	Start	V0 (mV)	VMax (mV)	DeltaV (mV)	Ambient (°C)	T0 (°C)	DeltaT (°C)
1	T136	True	1613.035847	1.42927154	124.63497	0.99982542	22/06/2017 10:02	2587.478	2593.149	4.948642	25.9120913	25.0241613	0.57982339
2	T136	True	1622.153961	1.44344483	125.821341	0.99966289	22/06/2017 10:03	2587.973	2593.231	4.945065	25.9120913	25.0241613	0.5794117
3	T136	True	1615.264385	1.43227216	125.984028	0.99962915	22/06/2017 10:04	2588.759	2593.562	4.942681	25.9120913	25.0241613	0.57913776
4	T136	True	1617.784613	1.43664165	126.271984	0.99971295	22/06/2017 10:05	2587.028	2593.448	4.957225	25.9120913	25.0241613	0.58081182
5	T136	True	1622.811439	1.44447036	126.12991	0.99975478	22/06/2017 10:06	2588.305	2593.726	4.931476	25.9120913	25.130476	0.57784613
6	T136	True	1619.448293	1.43922956	126.170597	0.99976875	22/06/2017 10:07	2587.989	2592.795	4.938628	25.9120913	25.130476	0.57867082
7	T136	True	1621.963177	1.44314733	125.76317	0.9997756	22/06/2017 10:08	2586.184	2593.429	4.951741	25.9120913	25.130476	0.58017953
8	T136	True	1619.138834	1.43874795	125.988654	0.99973407	22/06/2017 10:09	2587.534	2592.342	4.94888	25.9120913	25.130476	0.5798500
9	T136	True	1618.963836	1.43847565	126.343077	0.99968878	22/06/2017 10:10	2587.054	2592.877	4.952456	25.9120913	25.130476	0.58026143
10	T136	True	1615.626509	1.43328919	126.30337	0.99969625	22/06/2017 10:11	2586.607	2593.008	4.951741	25.9120913	25.130476	0.58017917

Handwritten notes and signatures:
 Kardi Babar
 Di. Jariy G. Babar
 Dina Babar
 Di. Jariy G. Babar
 Dina Babar
 Di. Jariy G. Babar
 Dina Babar

Patrón 60 días de curado

P1	Sensor	Valid	isvby/(W%/h)	k (W/mK)	l/m	R2	Start	VJ (mV)	VMax (mV)	DeltaV (mV)	Ambient (°C)	T0 (°C)	DeltaT (°C)
1	T136	True	1449.68243	1.2303048	117.246392	0.999564077	03/01/2018 09:22	2582.839	2588.181	5.342007	23.7874584	24.2407322	0.61416566
2	T136	True	1453.88751	1.19713843	117.464884	0.99963988	03/01/2018 09:23	2581.642	2586.954	5.311728	23.7874584	24.1031036	0.61068374
3	T136	True	1458.48854	1.20354214	117.70395	0.999603184	03/01/2018 09:24	2580.604	2585.900	5.295515	23.7874584	23.983757	0.60882014
4	T136	True	1466.8096	1.20517368	118.136306	0.999489522	03/01/2018 09:25	2578.266	2583.553	5.28717	23.7874584	23.714941	0.60789793
5	T136	True	1472.12096	1.22263221	118.412279	0.999543088	03/01/2018 09:26	2576.962	2582.240	5.276918	23.7874584	23.5650864	0.60666123
6	T136	True	1470.30546	1.20007978	118.317947	0.999535928	03/01/2018 09:27	2575.725	2580.995	5.270481	23.7874584	23.4227695	0.60594147
7	T136	True	1472.95714	1.2380886	118.455727	0.999453966	03/01/2018 09:28	2573.571	2578.858	5.286694	23.7874584	23.175169	0.60780478
8	T136	True	1479.34066	1.21281346	118.787409	0.99956470	03/01/2018 09:29	2572.633	2577.871	5.238533	23.7874584	23.0673065	0.60226905
9	T136	True	1482.37368	1.21710544	118.945032	0.999619813	03/01/2018 09:30	2572.094	2577.339	5.244255	23.7874584	23.0054131	0.60292697
10	T136	True	1470.77982	1.20074639	118.342595	0.999658409	03/01/2018 09:31	2569.932	2575.203	5.268335	23.7874584	22.7567978	0.60569537

P2	Sensor	Valid	isvby/(W%/h)	k (W/mK)	l/m	R2	Start	VJ (mV)	VMax (mV)	DeltaV (mV)	Ambient (°C)	T0 (°C)	DeltaT (°C)
1	T136	True	1450.56784	1.20130305	118.100512	0.999809257	03/01/2018 09:33	2583.8244	2589.16314	5.314495	23.7874584	24.2407322	0.61416566
2	T136	True	1454.77292	1.19713843	118.319004	0.99988536	03/01/2018 09:34	2582.6274	2587.93614	5.284216	23.7874584	24.1031036	0.61068374
3	T136	True	1459.37395	1.21354214	118.55807	0.999848364	03/01/2018 09:35	2581.5894	2586.88214	5.268003	23.7874584	23.983757	0.60882014
4	T136	True	1467.69501	1.21517368	118.993426	0.999734732	03/01/2018 09:36	2579.2514	2584.53514	5.259658	23.7874584	23.714941	0.60789793
5	T136	True	1473.00637	1.21263221	119.266399	0.999788268	03/01/2018 09:37	2577.9474	2581.25786	5.249406	23.7874584	23.5650864	0.60666123
6	T136	True	1471.19087	1.20007978	119.172067	0.999781108	03/01/2018 09:38	2576.7104	2581.97714	5.242969	23.7874584	23.4227695	0.60594147
7	T136	True	1473.84255	1.2380886	119.309847	0.999699146	03/01/2018 09:39	2574.5564	2579.84014	5.259182	23.7874584	23.175169	0.60780478
8	T136	True	1480.22607	1.21281346	119.641529	0.999809878	03/01/2018 09:40	2573.6184	2578.85314	5.211021	23.7874584	23.0673065	0.60226905
9	T136	True	1483.25909	1.20710544	119.799122	0.999864993	03/01/2018 09:41	2573.0794	2578.32114	5.216743	23.7874584	23.0054131	0.60292697
10	T136	True	1471.66523	1.19074639	119.196715	0.999803569	03/01/2018 09:42	2570.9324	2576.18214	5.249822	23.7874584	22.7567978	0.60569537

P3	Sensor	Valid	isvby/(W%/h)	k (W/mK)	l/m	R2	Start	VJ (mV)	VMax (mV)	DeltaV (mV)	Ambient (°C)	T0 (°C)	DeltaT (°C)
1	T136	True	1600.87049	1.21110305	125.63497	0.99952542	03/01/2018 09:45	2586.598	2591.555	4.957199	24.866087	25.0352726	0.57061815
2	T136	True	1602.5228	1.20693843	125.721341	0.999362894	03/01/2018 09:46	2587.093	2592.051	4.957438	24.866087	25.0922737	0.57064593
3	T136	True	1606.97418	1.22334214	125.954328	0.999329146	03/01/2018 09:47	2587.879	2592.817	4.938126	24.866087	25.182703	0.56842238
4	T136	True	1620.71749	1.21526868	126.271984	0.999412947	03/01/2018 09:48	2586.148	2591.073	4.925251	24.866087	24.9834576	0.56694114
5	T136	True	1610.33887	1.22243221	126.12991	0.999454779	03/01/2018 09:49	2587.425	2592.369	4.943609	24.866087	25.130476	0.56905413
6	T136	True	1611.11721	1.20987978	126.170597	0.999468752	03/01/2018 09:50	2587.139	2592.045	4.935503	24.866087	25.0941124	0.56812114
7	T136	True	1610.92492	1.21360886	125.76317	0.999475598	03/01/2018 09:51	2585.334	2590.240	4.935980	24.866087	24.8863049	0.56817657
8	T136	True	1607.65658	1.22261346	125.988654	0.999434068	03/01/2018 09:52	2586.654	2591.589	4.935503	24.866087	25.041666	0.56812179
9	T136	True	1621.50838	1.20510544	126.313077	0.999388779	03/01/2018 09:53	2586.174	2591.113	4.939556	24.866087	24.9863949	0.56858701
10	T136	True	1623.05368	1.18124639	126.39337	0.999396249	03/01/2018 09:54	2585.727	2590.653	4.927867	24.866087	24.9350185	0.56666684

Realizado
Dr. José Carlos Díaz
02/03/20
Tercer Curso - UNP

Patrón 90 días de curado

P1	Sensor	Valid	Effusivity (Wsx/m ² K)	k (W/mK)	l/m	R2	Start	V0 (mV)	VMax (mV)	DeltaV (mV)	Ambient (C)	T0 (C)	DeltaT (C)
1	T136	True	1075.86998218	1.14998304	97.24067965	0.99920846	15/12/2017 08:45	2559.63500000	2565.86100000	6.22582400	19.28490639	20.07558441	0.71213436
2	T136	True	1135.55133941	1.21651472	100.34167360	0.99922115	15/12/2017 08:46	2564.96500000	2571.02800000	6.06322300	19.28490639	20.68520546	0.69353592
3	T136	True	1108.62268903	1.24620014	98.94248321	0.99917644	15/12/2017 08:47	2561.72100000	2567.85400000	6.13236400	19.28490639	20.31418037	0.70144427
4	T136	True	1104.29893861	1.18137832	98.71782471	0.99925864	15/12/2017 08:48	2561.24700000	2567.38800000	6.14118600	19.28490639	20.25991058	0.70245332
5	T136	True	1108.13384643	1.18567668	97.91812253	0.99924293	15/12/2017 08:49	2560.98700000	2567.13300000	6.14571600	19.28490639	20.23021317	0.70297050
6	T136	True	1089.72389910	1.16521596	97.6051772	0.99924293	15/12/2017 08:50	2560.29400000	2566.45800000	6.16335900	19.28490639	20.15093422	0.70498997
7	T136	True	1092.32466808	1.23808966	98.09565152	0.99936156	15/12/2017 08:51	2560.68500000	2566.86100000	6.17647200	19.28490639	20.19563293	0.70648873
8	T136	True	1107.66081122	1.18512638	98.66664143	0.99926979	15/12/2017 08:52	2558.47800000	2564.62400000	6.14643100	19.28490639	19.94315529	0.70305294
9	T136	True	1101.85576404	1.17865922	98.59087938	0.99926055	15/12/2017 08:53	2559.39000000	2565.52400000	6.13403300	19.28490639	20.04749489	0.70163506
10	T136	True	1107.61705750	1.23440809	96.63339471	0.999274201	15/12/2017 08:54	2557.99700000	2564.14000000	6.14285500	19.28490639	19.88817536	0.70264435

P2	Sensor	Valid	Effusivity (Wsx/m ² K)	k (W/mK)	l/m	R2	Start	V0 (mV)	VMax (mV)	DeltaV (mV)	Ambient (C)	T0 (C)	DeltaT (C)
1	T136	True	1075.84843428	1.20998304	96.33913090	0.88371882	15/12/2017 08:58	2558.50951300	2564.73551300	6.20124600	20.42218399	21.09408760	0.75988048
2	T136	True	1135.52979152	1.21906094	99.44012485	0.88373151	15/12/2017 08:59	2563.83951300	2569.90251300	6.03864500	20.42218399	20.25728416	0.77003932
3	T136	True	1108.60114114	1.23374036	98.04093445	0.88368680	15/12/2017 09:00	2560.59551300	2566.72851300	6.10778600	20.42218399	19.93389511	0.77782178
4	T136	True	1104.27739071	1.16891853	97.81627596	0.88376900	15/12/2017 09:01	2560.12151300	2566.26251300	6.11660800	20.42218399	19.72620392	0.77823061
5	T136	True	1108.13229853	1.17321690	98.01657378	0.88375329	15/12/2017 09:02	2559.86151300	2566.00751300	6.12113800	20.42218399	19.63854980	0.77847713
6	T136	True	1089.70235120	1.15275618	97.05896896	0.88379160	15/12/2017 09:03	2559.16851300	2565.33251300	6.13878100	20.42218399	19.54846764	0.77686465
7	T136	True	1092.30312019	1.22526988	97.19410276	0.88387192	15/12/2017 09:04	2559.55951300	2565.49851300	6.15189400	20.42218399	19.31349564	0.77612841
8	T136	True	1107.63926933	1.17266659	97.76509267	0.88378015	15/12/2017 09:05	2557.35251300	2563.49851300	6.12185300	20.42218399	19.45974922	0.78038734
9	T136	True	1101.83421614	1.16619944	97.68933063	0.88377090	15/12/2017 09:06	2558.26451300	2564.39851300	6.10945500	20.42218399	19.31060219	0.77932221
10	T136	True	1106.99550960	1.22194830	97.73184595	0.88375227	15/12/2017 09:07	2556.87151300	2563.01451300	6.11927700	20.42218399	19.22019005	0.77757549

P3	Sensor	Valid	Effusivity (Wsx/m ² K)	k (W/mK)	l/m	R2	Start	V0 (mV)	VMax (mV)	DeltaV (mV)	Ambient (C)	T0 (C)	DeltaT (C)
1	T136	True	1075.82688639	1.19752325	95.38758214	0.79126734	15/12/2017 09:10	2557.48402600	2563.61002600	6.17666800	19.28490639	20.07558441	0.71213436
2	T136	True	1135.50824362	1.20660115	98.48857609	0.79128003	15/12/2017 09:11	2562.81402600	2568.77702600	6.01406700	19.28490639	20.68520546	0.69353592
3	T136	True	1108.57959324	1.22128057	97.08938569	0.79123532	15/12/2017 09:12	2559.57002600	2565.60302600	6.08320800	19.28490639	20.31418037	0.70144427
4	T136	True	1104.25584282	1.15645875	96.86472720	0.79131753	15/12/2017 09:13	2559.09602600	2565.13702600	6.09203000	19.28490639	20.25991058	0.70245332
5	T136	True	1108.11075064	1.16075711	97.06502502	0.79130181	15/12/2017 09:14	2558.83602600	2564.88202600	6.09656000	19.28490639	20.23021317	0.70297050
6	T136	True	1089.68080331	1.14029639	96.10742020	0.79134013	15/12/2017 09:15	2558.14302600	2564.20702600	6.11420300	19.28490639	20.15093422	0.70498997
7	T136	True	1092.28157229	1.21317709	96.24255401	0.79142044	15/12/2017 09:16	2558.53402600	2564.61002600	6.12731600	19.28490639	20.19563293	0.70648873
8	T136	True	1107.61771543	1.16020681	96.81354391	0.79132867	15/12/2017 09:17	2556.32702600	2563.37302600	6.09727500	19.28490639	19.94315529	0.70305294
9	T136	True	1101.81266825	1.15373965	96.73778187	0.79131943	15/12/2017 09:18	2557.23902600	2563.27302600	6.08487700	19.28490639	20.04749489	0.70163506
10	T136	True	1106.97396171	1.20948852	96.78029720	0.79130090	15/12/2017 09:19	2555.84602600	2561.88902600	6.09369900	19.28490639	19.88817536	0.70264435

Revisado
 Dr. del Lab. Dpto. de Física
 Físico - Químico - U.N.
 [Signature]

Experimental 28 días de curado

E1	Sensor	Valid	isVity (W/s ² /n	k (W/m ² /k)	l/m	R2	Start	VO (mV)	VMax (mV)	DeltaV (mV)	Ambient (°C)	TO (°C)	DeltaT (°C)
1	T136	True	839.860778	0.46933014	85.9263791	0.99871062	15/12/2017 09:44	2592.424	2599.267	6.842613	25.4208183	25.8872871	0.78812557
2	T136	True	892.434774	0.52034627	88.674579	0.99875967	15/12/2017 09:45	2595.97	2602.623	6.652594	25.4208183	26.2956848	0.76623881
3	T136	True	895.073406	0.52294658	88.8125082	0.99862131	15/12/2017 09:46	2589.953	2596.599	6.645918	25.4208183	25.6026554	0.7654708
4	T136	True	897.583504	0.52542381	88.9437185	0.99876985	15/12/2017 09:47	2589.492	2596.119	6.627321	25.4208183	25.5495472	0.76332784
5	T136	True	911.471378	0.53919353	89.6696792	0.99875275	15/12/2017 09:48	2587.302	2593.88	6.57773	25.4208183	25.2973461	0.757617
6	T136	True	912.366297	0.54008455	89.7164593	0.99870145	15/12/2017 09:49	2587.635	2594.22	6.58536	25.4208183	25.3355999	0.75849485
7	T136	True	925.202979	0.55291524	90.3874711	0.99871396	15/12/2017 09:50	2585.044	2591.584	6.539822	25.4208183	25.0372372	0.75325084
8	T136	True	926.510371	0.55422728	90.4558123	0.99846679	15/12/2017 09:51	2585.254	2591.792	6.538153	25.4208183	25.0614033	0.75305802
9	T136	True	931.4443832	0.55918709	90.5291258	0.99873611	15/12/2017 09:52	2584.617	2591.143	6.525755	25.4208183	24.9880829	0.75163007
7	T136	True	925.202979	0.55291524	90.3874711	0.99871396	15/12/2017 09:50	2585.044	2591.584	6.539822	25.4208183	25.0372372	0.75325084

E2	Sensor	Valid	Velocity (W/s ² /n	k (W/m ² /k)	l/m	R2	Start	VO (mV)	VMax (mV)	DeltaV (mV)	Ambient (°C)	TO (°C)	DeltaT (°C)
1	T136	True	930.710852	0.47883014	89.8460575	0.99921738	15/12/2017 09:54	2565.24	2571.875	6.634712	20.422184	21.0940876	0.75988048
2	T136	True	917.730805	0.52984627	89.171625	0.99917811	15/12/2017 09:55	2557.934	2564.657	6.723404	20.422184	20.2572842	0.77003932
3	T136	True	904.068602	0.53244658	88.2989371	0.99910763	15/12/2017 09:56	2555.11	2561.901	6.791353	20.422184	19.9338951	0.77782178
4	T136	True	903.070537	0.53492381	88.247392	0.99922436	15/12/2017 09:57	2553.297	2560.092	6.79493	20.422184	19.7262039	0.77823061
5	T136	True	903.43079	0.54869353	88.2659972	0.99916391	15/12/2017 09:58	2552.531	2559.328	6.797075	20.422184	19.6385498	0.77847713
6	T136	True	905.144831	0.54958455	88.354519	0.99920334	15/12/2017 09:59	2551.745	2558.528	6.783009	20.422184	19.5484676	0.77686465
7	T136	True	901.994861	0.56241524	88.1918386	0.99916384	15/12/2017 10:00	2549.693	2556.47	6.776571	20.422184	19.3134956	0.77612841
8	T136	True	897.222176	0.56372728	87.9453528	0.99916889	15/12/2017 10:01	2550.97	2557.784	6.813765	20.422184	19.4597492	0.78038734
9	T136	True	900.464928	0.56868709	88.112825	0.99923568	15/12/2017 10:02	2549.668	2556.472	6.804466	20.422184	19.3106022	0.77932221
10	T136	True	902.906597	0.56241524	88.2394927	0.99909379	15/12/2017 10:03	2548.676	2555.666	6.769207	20.422184	19.22019	0.77757549

E3	Sensor	Valid	isVity (W/s ² /n	k (W/m ² /k)	l/m	R2	Start	VO (mV)	VMax (mV)	DeltaV (mV)	Ambient (°C)	TO (°C)	DeltaT (°C)
1	T136	True	924.221436	0.46183014	89.5049899	0.99922067	15/12/2017 10:05	2566.168	2572.871	6.702423	20.3922558	21.1967316	0.76762635
2	T136	True	971.897318	0.51284627	91.9821893	0.99911446	15/12/2017 10:06	2564.563	2571.084	6.520987	20.3922558	21.0129356	0.74684578
3	T136	True	953.778618	0.51544658	91.0407567	0.99917807	15/12/2017 10:07	2562.952	2569.536	6.584644	20.3922558	20.8283463	0.75413734
4	T136	True	948.93408	0.51792381	90.7890384	0.99909239	15/12/2017 10:08	2561.469	2568.054	6.584406	20.3922558	20.6585846	0.75411034
5	T136	True	973.907289	0.53169353	92.0866257	0.99901425	15/12/2017 10:09	2561.345	2567.874	6.529331	20.3922558	20.6443043	0.74780196
6	T136	True	972.13706	0.53258455	91.9946461	0.99908975	15/12/2017 10:10	2559.725	2566.276	6.551266	20.3922558	20.4587593	0.75031489
7	T136	True	953.239997	0.54541524	91.0127704	0.99897466	15/12/2017 10:11	2559.04	2565.648	6.608248	20.3922558	20.3803654	0.75683945
8	T136	True	944.105486	0.54672728	90.5381487	0.99929948	15/12/2017 10:12	2556.809	2563.389	6.580353	20.3922558	20.1247807	0.75364524
9	T136	True	950.926005	0.55168709	90.7150324	0.99918397	15/12/2017 10:13	2555.709	2562.313	6.603479	20.3922558	19.9988728	0.75629389
10	T136	True	940.028873	0.54541524	90.1522491	0.99914337	15/12/2017 10:14	2553.935	2560.541	6.60634	20.3922558	19.7956610	0.75662124

Date: 15/12/2017

Experimental 60 días de curado

E1	Sensor	Valid	ifusivity (Ws%/m ² K	k (W/mK)	1/m	R2	Start	VO (mV)	VMax (mV)	DeltaV (mV)	Ambient (°C)	T0 (°C)	DeltaT (°C)
1	T136	True	1035.545288	0.39974278	94.9076735	0.9988146	03/01/2018 10:20	2558.144	2564.422	6.278276	19.0176678	19.8207779	0.71292793
2	T136	True	1073.78496	0.34109434	96.8825647	0.99892004	03/01/2018 10:21	2557.804	2563.964	6.160021	19.0176678	19.781929	0.70440382
3	T136	True	1074.393298	0.34175978	96.9139824	0.9988414	03/01/2018 10:22	2556.657	2562.807	6.149769	19.0176678	19.6507912	0.70323241
4	T136	True	1083.113456	0.35132486	97.3643357	0.99880866	03/01/2018 10:23	2556.675	2562.811	6.135941	19.0176678	19.6527824	0.70165008
5	T136	True	1081.689062	0.34975906	97.2907727	0.99905317	03/01/2018 10:24	2557.255	2563.402	6.147146	19.0176678	19.719059	0.70293224
6	T136	True	1089.649812	0.35852718	97.7019063	0.99901442	03/01/2018 10:25	2555.492	2561.615	6.122828	19.0176678	19.5175285	0.70015073
7	T136	True	1089.033759	0.35784717	97.6700902	0.99881435	03/01/2018 10:26	2556.491	2562.627	6.135464	19.0176678	19.6317883	0.70159692
8	T136	True	1087.101903	0.35571634	97.5703194	0.99891186	03/01/2018 10:27	2556.689	2562.806	6.117105	19.0176678	19.6543903	0.69949692
9	T136	True	1086.774274	0.35535521	97.5533989	0.99893158	03/01/2018 10:28	2557.741	2563.857	6.115437	19.0176678	19.774704	0.69930583
10	T136	True	1090.836739	0.35983806	97.7632053	0.9989607	03/01/2018 10:29	2556.486	2562.599	6.113768	19.0176678	19.631134	0.69911581

E2	Sensor	Valid	ifusivity (Ws%/m ² K	k (W/mK)	1/m	R2	Start	VO (mV)	VMax (mV)	DeltaV (mV)	Ambient (°C)	T0 (°C)	DeltaT (°C)
1	T136	True	1018.420444	0.38061378	90.3444577	0.99760336	03/01/2018 10:31	2560.15646	2565.44355	5.28709697	19.0077567	19.8108627	0.80310599
2	T136	True	1056.660116	0.32196534	92.3193489	0.99770879	03/01/2018 10:32	2559.81646	2564.98555	5.16909697	19.0077567	19.7720139	0.76425712
3	T136	True	1057.268454	0.32263078	92.3507666	0.99763015	03/01/2018 10:33	2558.66946	2563.82855	5.15909697	19.0077567	19.640876	0.633111927
4	T136	True	1065.988612	0.33219586	92.8011199	0.99759742	03/01/2018 10:34	2558.68746	2563.83255	5.14509697	19.0077567	19.6428673	0.63511054
5	T136	True	1064.564218	0.33063006	92.72757	0.99784192	03/01/2018 10:35	2559.26746	2564.42355	5.15609697	19.0077567	19.7091438	0.70138709
6	T136	True	1072.524967	0.33939819	93.1386905	0.99780318	03/01/2018 10:36	2557.50446	2562.63655	5.13209697	19.0077567	19.5076134	0.49985663
7	T136	True	1071.908914	0.33871817	93.1068744	0.9976031	03/01/2018 10:37	2558.50346	2563.64855	5.14509697	19.0077567	19.6218731	0.61411635
8	T136	True	1069.977058	0.33658734	93.0071036	0.99770062	03/01/2018 10:38	2558.70146	2563.82755	5.12609697	19.0077567	19.6444752	0.63671843
9	T136	True	1069.64943	0.33622621	92.9901832	0.99772034	03/01/2018 10:39	2559.75346	2564.87855	5.12509697	19.0077567	19.7647888	0.75703208
10	T136	True	1073.711894	0.34070906	93.1999895	0.99774946	03/01/2018 10:40	2558.49846	2563.62055	5.12209697	19.0077567	19.6212189	0.61346213

E3	Sensor	Valid	ifusivity (Ws%/m ² K	k (W/mK)	1/m	R2	Start	VO (mV)	VMax (mV)	DeltaV (mV)	Ambient (°C)	T0 (°C)	DeltaT (°C)
2	T136	True	1062.564963	0.34190846	90.3344535	0.99767416	03/01/2018 10:43	2554.67949	2563.964	9.28451237	19.0176678	19.781929	0.70440382
3	T136	True	1063.173301	0.3425739	90.3658711	0.99759552	03/01/2018 10:44	2553.53249	2562.807	9.27451237	19.0176678	19.6507912	0.70323241
4	T136	True	1071.893459	0.35213898	90.8162244	0.99756279	03/01/2018 10:45	2553.55049	2562.811	9.26051237	19.0176678	19.6527824	0.70165008
5	T136	True	1070.469905	0.35057318	90.7426615	0.99780729	03/01/2018 10:46	2554.13049	2563.402	9.27151237	19.0176678	19.719059	0.70293224
6	T136	True	1078.429814	0.35934131	91.1537951	0.99776855	03/01/2018 10:47	2552.36749	2561.615	9.24751237	19.0176678	19.5175285	0.70015073
7	T136	True	1077.813761	0.35866129	91.121979	0.99756847	03/01/2018 10:48	2553.36649	2562.627	9.26051237	19.0176678	19.6317883	0.70159692
8	T136	True	1075.881906	0.35653046	91.0222081	0.99766599	03/01/2018 10:49	2553.56449	2562.806	9.24151237	19.0176678	19.6543903	0.69949692
9	T136	True	1075.554277	0.35616933	91.0052877	0.99768571	03/01/2018 10:50	2554.61649	2563.857	9.24051237	19.0176678	19.774704	0.69930583
10	T136	True	1079.616742	0.36065218	91.215094	0.99771483	03/01/2018 10:51	2553.36149	2562.599	9.23751237	19.0176678	19.631134	0.69911581

Remoção do
 Dr. José Carlos
 Silva - RABELO
 TAC - 01/01/2018 - UNP

Experimental 90 días de curado

E1	Sensor	Valid	isivity (W%/h	k (W/mK)	1/m	R2	Start	V0 (mV)	VMax (mV)	DeltaV (mV)	Ambient (°C)	T0 (°C)	DeltaT (°C)
1	T136	True	1017.4802	0.34798099	94.2288081	0.99885429	29/01/2018 10:42	2559.422	2565.708	6.286144	19.4541988	20.1149883	0.71918982
2	T136	True	1013.05743	0.3433078	93.9990047	0.99884911	29/01/2018 10:43	2559.062	2565.371	6.309509	19.4541988	20.0738258	0.72186416
3	T136	True	1011.85232	0.34203655	93.7404835	0.99889304	29/01/2018 10:44	2558.033	2564.345	6.31237	19.4541988	19.9561253	0.72219098
4	T136	True	1008.52599	0.33853228	93.5686948	0.99896171	29/01/2018 10:45	2557.292	2563.622	6.329536	19.4541988	19.8713741	0.72415578
5	T136	True	1003.15561	0.33288894	93.4845142	0.99877056	29/01/2018 10:46	2558.902	2565.247	6.345272	19.4541988	20.0555496	0.72595626
6	T136	True	1009.22815	0.33927144	93.6049582	0.99883569	29/01/2018 10:47	2557.52	2563.875	6.355047	19.4541988	19.8974247	0.72707361
7	T136	True	1006.63485	0.33654301	93.4710271	0.99888002	29/01/2018 10:48	2556.306	2562.646	6.339788	19.4541988	19.7585011	0.72532874
8	T136	True	1006.17364	0.4360582	93.4472079	0.99879326	29/01/2018 10:49	2556.787	2563.144	6.356478	19.4541988	19.8136024	0.72273669
9	T136	True	999.645997	0.32921045	93.110087	0.99893366	29/01/2018 10:50	2556.269	2562.643	6.374359	19.4541988	19.7542744	0.72928262
10	T136	True	1003.92797	0.33369947	93.3312298	0.99891497	29/01/2018 10:51	2555.709	2562.083	6.373167	19.4541988	19.6902809	0.72914737

E2	Sensor	Valid	isivity (W%/h	k (W/mK)	1/m	R2	Start	V0 (mV)	VMax (mV)	DeltaV (mV)	Ambient (°C)	T0 (°C)	DeltaT (°C)
1	T136	True	1003.26478	0.33596675	89.3342625	0.99885429	29/01/2018 10:53	2562.54315	2568.69545	6.15230611	19.46665	20.1149883	0.64833837
2	T136	True	998.842008	0.33129557	89.104459	0.99884911	29/01/2018 10:54	2562.18315	2568.35845	6.17530611	19.46665	20.0738258	0.72186416
3	T136	True	997.636895	0.33002432	88.8459379	0.99889304	29/01/2018 10:55	2561.15415	2567.33245	6.17830611	19.46665	19.9561253	0.72219098
4	T136	True	994.310563	0.32652005	88.6741492	0.99896171	29/01/2018 10:56	2560.41315	2566.60945	6.19660611	19.46665	19.8713741	0.72415578
5	T136	True	988.940187	0.32087671	88.5899668	0.99877056	29/01/2018 10:57	2562.02315	2568.23445	6.21130611	19.46665	20.0555496	0.72595626
6	T136	True	995.012729	0.32725921	88.7104126	0.99883569	29/01/2018 10:58	2560.64115	2566.86245	6.22130611	19.46665	19.8974247	0.72707361
7	T136	True	992.419429	0.32453078	88.5764814	0.99888002	29/01/2018 10:59	2559.42715	2565.63345	6.20690611	19.46665	19.7585011	0.72532874
8	T136	True	991.95822	0.42404597	88.5526622	0.99879326	29/01/2018 11:00	2559.90815	2566.13145	6.22330611	19.46665	19.8136024	0.72273669
9	T136	True	985.430574	0.31719822	88.2155414	0.99893366	29/01/2018 11:01	2559.39015	2565.63045	6.24030611	19.46665	19.7542744	0.72928262
10	T136	True	989.712545	0.32168724	88.4366841	0.99891497	29/01/2018 11:02	2558.83015	2565.07045	6.24030611	19.46665	19.6902809	0.72914737

E3	Sensor	Valid	isivity (W%/h	k (W/mK)	1/m	R2	Start	V0 (mV)	VMax (mV)	DeltaV (mV)	Ambient (°C)	T0 (°C)	DeltaT (°C)
1	T136	True	989.049355	0.32395652	84.4397168	0.99885429	29/01/2018 11:05	2565.66429	2571.6829	6.01861222	19.4791011	20.1149883	0.63588725
2	T136	True	984.626585	0.31928334	84.2099134	0.99884911	29/01/2018 11:06	2565.30429	2571.3459	6.04161222	19.4791011	20.0738258	0.72186416
3	T136	True	983.421472	0.31801208	83.9513923	0.99889304	29/01/2018 11:07	2564.27529	2570.3199	6.04461222	19.4791011	19.9561253	0.72219098
4	T136	True	980.09514	0.31450782	83.7796036	0.99896171	29/01/2018 11:08	2563.53429	2569.5969	6.06261222	19.4791011	19.8713741	0.72415578
5	T136	True	974.724764	0.30886447	83.65954229	0.99877056	29/01/2018 11:09	2565.14429	2571.2219	6.07761222	19.4791011	20.0555496	0.72595626
6	T136	True	980.797305	0.31524698	83.815867	0.99883569	29/01/2018 11:10	2563.76229	2569.8499	6.08761222	19.4791011	19.8974247	0.72707361
7	T136	True	978.204006	0.31251855	83.6819358	0.99888002	29/01/2018 11:11	2562.54829	2568.6209	6.07261222	19.4791011	19.7585011	0.72532874
8	T136	True	977.742797	0.41203374	83.6581166	0.99879326	29/01/2018 11:12	2563.02929	2569.1189	6.08961222	19.4791011	19.8136024	0.72273669
9	T136	True	971.215151	0.30518599	83.3209957	0.99893366	29/01/2018 11:13	2562.51129	2568.6179	6.10661222	19.4791011	19.7542744	0.72928262
10	T136	True	975.497122	0.309675	83.5421385	0.99891497	29/01/2018 11:14	2561.95129	2568.0579	6.10661222	19.4791011	19.6902809	0.72914737

Realizado
Dr. Jm. Galis BIR - BIR
T0 - C0 - UNIT
[Signature]

Anexo N°7

Resistencia a compresión



INFORME TÉCNICO N° 0884 – 17 – LAB. 12

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
 - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : DAVID ELVIS SANTIAGO BARRIOS
 - 1.2 DNI : 48136603
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
 - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 22/06/2017
 - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 22 / 06 / 2017
 - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 23/06/2017
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MORTEROS
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA**
 - 4.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : 03 MUESTRAS DE PASTA PATRÓN
28 DÍAS DE CURADO
 - 4.2 TESIS : CONDUCTIVIDAD TERMICA Y RESISTENCIA A
COMPRESIÓN DE UNA PASTA SUSTITUYENDO EL
CEMENTO EN 10% Y 20% POR POLVO DE CASCARA DE
ARROZ Y CENIZA DE RESIDUOS CÁLCAREOS DE
CONCHAS DE ABANICO
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER- FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 24.4 °C; Humedad relativa: 56%
7. **EQUIPO UTILIZADO** : Maquina de tracción ZWICK ROELL Z010
Vernier digital Mitutoyo Corporation, CD-6" BS
8. **RESULTADOS**

Muestra	Diámetro (mm)	Área (mm ²)	Carga de ruptura (kgf)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Norma técnica de referencia.
P1	20,17	319,51	817	255,70	I.N.V. E – 323 – 07
P4	20,11	317,62	814	256,29	
P6	20,03	315,09	785	249,13	
Promedio	20,10	317,41	805,3	253,71	

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. Yemerson Bartolo
Analista Químico
LABICER - UNI

M.Sc. Otilia Acha de la Cruz
Responsable de Análisis
Jefa de Laboratorio
CQP 202

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



Figura N°1: Fotografía de una probeta antes de ser ensayada con del equipo de Tracción Universal Zwick Roell Z1010.




MORTEROS	FOTOGRAFIAS
P1	
P2	
P3	



Figura N°5: Fotografía de los morteros luego de ser ensayados. Luego del ensayo de resistencia a la compresión la muestra P6 se destruyó.



INFORME TÉCNICO N° 0137 – 18 – LABICER

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
 - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : DAVID ELVIS SANTIAGO BARRIOS
 - 1.2 DNI : 48136603
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
 - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 30 / 01 / 2018
 - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 30 / 01 / 2018
 - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 31/01/2018
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MORTEROS
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
 - 4.1 DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS : 03 MUESTRAS DE PASTA EXPERIMENTAL (FORMA CILINDRICA), 90 DÍAS DE CURADO
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER-FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 25.0 °C; Humedad relativa: 60 %
7. **EQUIPOS UTILIZADOS** : Maquina de tracción, ZWICK ROELL Z010.
Vernier digital Mitutoyo Corporation, CD-6" BS.
8. **RESULTADOS**

Muestra	Diámetro (mm)	Área (mm ²)	Carga de ruptura (Kgf)	Resistencia a la compresión (Kgf/cm ²)	Norma técnica de referencia
E1	20,03	315,10	1117,0	354,5	I.N.V. E – 323 – 07
E2	20,20	320,47	1125,0	351,1	
E3	20,30	323,66	1120,0	346,0	
Promedio	20,18	319,74	1120,67	350,53	

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. Yemerson Bartolo
Analista Químico
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 N°1: FOTOGRAFÍA DE LOS 03 MORTEROS ANTES DEL ENSAYO.



FIGURA N°2: FOTOGRAFÍA DEL EQUIPO DE TRACCIÓN UNIVERSAL ZWICK ROELL Z010.



FIGURA N°3: FOTOGRAFÍA DE UNA PROBETA ANTES DE SER ENSAYADA CON DEL EQUIPO DE TRACCIÓN UNIVERSAL ZWICK ROELL Z010.





FIGURA N°4: FOTOGRAFIA DE LOS 03 MORTEROS DESPUES DEL ENSAYO.





INFORME TÉCNICO Nº 1845 – 17 – LAB. 12

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
 - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : DAVID ELVIS SANTIAGO BARRIOS
 - 1.2 DNI : 48136603
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
 - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 15 / 12 / 2017
 - 2.2 FECHADEENSAYO : 15/12/2017
 - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 14 / 12 / 2017
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MORTEROS
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
- 4.1 **DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS**

MUESTRA	DESCRIPCION
P1,P2, Y P3	PATRONA LOS 90 DIAS DE CURADO
E1, E2 Y E3	EXPERIMENTAL A LOS 28 DIAS DE CURADO

5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 25.0 °C; Humedad relativa 60 %
7. **EQUIPOS UTILIZADOS** : Maquina de tracción, ZWICK ROELL 2010.
Vernier digital Mitutoyo Corporation, CD-6" BS.

8. RESULTADOS

8.1 RESULTADO DE LAS MUESTRAS PATRON A LOS 90 DIAS DE CURADO

Muestra	Diámetro (mm)	Área (mm ²)	Carga de ruptura (Kgf)	Resistencia a la compresión (Kgf/cm ²)	Norma técnica de referencia
P1	20.29	323.34	1810	559.8	I.N.V. E – 323 – 07
P2	20.27	322.70	1750	542.3	
P3	20.40	326.85	1827	558.9	
Promedio	20.32	324.30	1795	553.7	

8.1 RESULTADO DE LAS MUESTRAS EXPERIMENTALES A LOS 28 DIAS DE CURADO

Muestra	Diámetro (mm)	Área (mm ²)	Carga de ruptura (Kgf)	Resistencia a la compresión (Kgf/cm ²)	Norma técnica de referencia
E1	19.89	310.71	680	218.9	I.N.V. E – 323 – 07
E2	19.69	304.50	634	208.1	
E3	19.59	30.41	636	211.1	
Promedio	20.10	305.54	650	212.7	

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. Yemerson Bartolo
Analista Químico
LABICER – UNI

M.Sc. Otilia Achá 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 N°1: FOTOGRAFÍA DEL EQUIPO DE TRACCIÓN UNIVERSAL ZWICK ROELL Z010.





INFORME TÉCNICO N° 0010 – 18 – LABICER

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
 - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : DAVID ELVIS SANTIAGO BARRIOS
 - 1.2 DNI : 48136603
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
 - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 03 / 01 / 2018
 - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 04 / 01 / 2018
 - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 05 / 01 / 2018
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MORTEROS
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
 - 4.1 DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS : 03 MUESTRAS DE PASTA EXPERIMENTAL 60 DÍAS DE CURADO
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER-FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 25.0 °C; Humedad relativa: 58 %
7. **EQUIPOS UTILIZADOS** : Maquina de tracción, ZWICK ROELL Z010.
Vernier digital Mitutoyo Corporation, CD-6" BS.
8. **RESULTADOS**

Muestra	Diámetro (mm)	Área (mm ²)	Carga de ruptura (Kgf)	Resistencia a la compresión (Kgf/cm ²)	Norma técnica de referencia
E1	19.78	307.29	910	296.1	I.N.V. E – 323 – 07
E2	19.88	310.40	850	280.3	
E3	19.30	292.55	750	256.4	
Promedio	20.18	303.41	843	277.6	

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. Yemerson Bartolo
 Analista Químico
 LABICER- UNI

M. Sc. Otilia Lazo Ochoa
 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 N°1: FOTOGRAFÍA DE LOS 03 MORTEROS ANTES DEL ENSAYO.



FIGURA N°2: FOTOGRAFÍA DEL EQUIPO DE TRACCIÓN UNIVERSAL ZWICK ROELL Z10.



FIGURA N°3: FOTOGRAFÍA DE UNA PROBETA ANTES DE SER ENSAYADA CON DEL EQUIPO DE TRACCIÓN UNIVERSAL ZWICK ROELL Z10.





INFORME TÉCNICO Nº 009 – 18 – LABABICER

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
- 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : DAVID ELVIS SANTIAGO BARRIOS
- 1.2 DNI : 48136603
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
- 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 03 / 01 / 2018
- 2.2 FECHA DE ENSAYO : 04 / 01 / 2018
- 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 05 / 01 / 2018
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MORTEROS
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
- 4.1 DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS : 03 MUESTRAS DE PASTA PATRON
60 DIAS DE CURADO
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER-FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 25.0 °C; Humedad relativa: 60%
7. **EQUIPOS UTILIZADOS** : Maquina de tracción, ZWICK ROELL Z010.
Vernier digital Mitutoyo Corporation, CD-6" BS.
8. **RESULTADOS**

Muestra	Diámetro (mm)	Área (mm ²)	Carga de ruptura (Kgf)	Resistencia a la compresión (Kgf/cm ²)	Norma técnica de referencia
P1	19.69	304.50	1149	377.3	I.N.V. E – 323– 07
P2	20.17	319.52	1250	391.2	
P3	20.32	324.29	1215	374.8	
Promedio	20.06	316.10	1204.67	381.11	

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. Yemerson Bartolo
 Analista Químico
 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



FIGURANº1: FOTOGRAFIA DE LOS 03 MORTEROS ENSAYADOS.



FIGURA N°2: FOTOGRAFÍA DEL EQUIPO DE TRACCIÓN UNIVERSAL ZWICK ROELL Z010.



FIGURA N°3: FOTOGRAFÍA DE UNA PROBETA ANTES DE SER ENSAYADA CON DEL EQUIPO DE TRACCIÓN UNIVERSAL ZWICK ROELL Z010.



Anexo N°8

Panel fotográfico



Recolección de la cáscara de arroz en la Apiladora San Carlos



Limpieza manual de la cáscara de arroz



Concha de abanico triturada antes de calcinar



Ceniza de concha de abanico calcinada a 800° por 4 horas



Tamizado de los materiales por la malla N°200



Cuarteo de los materiales para homogenizarlos



Ensayo para determinar el peso específico de cada material a trabajar



Conformación y curado de pastas



Ensayo de Conductividad Térmica en la UNI-Lima pastas