



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Evaluación de la Resistencia del Ladrillo de Concreto, por Sustitución
Parcial del Cemento por Cáscara de Huevo y Zeolita, Chimbote - 2021

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Cayán Calderón, Pedro Germaín (ORCID: 0000-0001-6690-3972)

Valladares Ibáñez, Julio Denis (ORCID: 0000-0002-1901-0183)

ASESOR:

Mg. Segura Terrones, Luis Alberto (ORCID: 0000-0002-9320-0540)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño sísmico y estructural.

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

Este trabajo de investigación se lo dedicamos principalmente a Dios, gracias a que nos ayudó a renovar nuestras fuerzas cada mañana para poder así alcanzar nuestras metas propuestas, haciendo posible nuestro anhelo más deseado.

A nuestros padres y hermanos, quienes constituyen un gran fuerte de inspiración, por tanto, amor y sacrificio aportado durante muchos años para poder llegar hasta aquí y convertirnos en buenos y futuros profesionales.

A la facultad de ingeniería y arquitectura, escuela profesional de ingeniería civil y a las personas que nos han ayudado en el transcurso de nuestro trabajo de investigación, como lo es nuestro asesor de línea de investigación, quien nos ha guiado durante todo este recorrido de la elaboración de nuestro trabajo de investigación.

Agradecimiento

Este proyecto es el resultado del esfuerzo y compromiso del equipo que realizo esta investigación.

Agradecemos a Dios el habernos permitido llegar hasta donde estamos, a nuestros padres, quienes siempre estuvieron apoyándonos, motivándonos constantemente a seguir luchando por nuestros sueños, así mismo por su paciencia y dedicación.

A nuestros docentes quienes han aportado gran parte de los conocimientos adquiridos hasta el día de hoy durante el proceso de su enseñanza en nuestra formación académica.

Por último, agradecemos a nuestra universidad por habernos permitido formarnos como profesionales.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	19
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	20
3.2. Variables y operacionalización	21
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	22
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	23
3.5. Procedimientos	24
3.6. Método de análisis de datos	24
3.7. Aspectos éticos.....	25
IV. RESULTADOS	26
V. DISCUSION.....	40
VI. CONCLUSIONES	44
VII. RECOMENDACIONES.....	46
REFERENCIAS.....	48
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 01: Principal composición química en el cemento	12
Tabla 02: Límites en la granulometría del agregado fino	14
Tabla 03: Requisitos de granulometría en el agregado grueso	14
Tabla 04: Principal composición química en la cáscara de huevo	18
Tabla 05: Principal composición química en la zeolita	18
Tabla 06: Población y muestra	22
Tabla 07: Análisis químico de la cáscara de huevo.....	28
Tabla 08: Análisis químico de la zeolita	29
Tabla 09: Granulometría de la arena gruesa.....	30
Tabla 10: Granulometría del confitillo.....	31
Tabla 11: Peso unitario suelto de la arena gruesa	31
Tabla 12: Peso unitario compactado de la arena gruesa	32
Tabla 13: Peso unitario suelto del confitillo	32
Tabla 14: Peso unitario compactado del confitillo	33
Tabla 15: Contenido de humedad de la arena gruesa	33
Tabla 16: Contenido de humedad del confitillo.....	33
Tabla 17: Peso específico y absorción de la arena gruesa	34
Tabla 18: Peso específico y absorción del confitillo	34
Tabla 19: Resumen de la caracterización de los agregados.....	35
Tabla 20: Dosificación para los materiales.....	35
Tabla 21: Dosificación según población de ladrillos de concreto	35
Tabla 22: Resistencia de compresión, 28 días, patrón.....	36

Tabla 23: Resistencia de compresión, 28 días, experimental (6% CH y 3% Z)	37
Tabla 24: Resistencia de compresión, 28 días, experimental (10% CH y 5% Z)	37
Tabla 25: Resumen de las resistencias de compresión	38
Tabla 26: Prueba ANOVA para comprobar el análisis de varianza.....	39

Índice de figuras

Figura 01: Curva para la pérdida de masa – Análisis termo-gravimétrico de la cáscara de huevo	27
Figura 02: Curva Calorimétrica ATD para la cáscara de huevo	28
Figura 03: Resistencias de los ladrillos de concreto patrón y experimental.	38

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo principal determinar cuál sería el efecto de sustituir al cemento por una combinación del 9% y 15% de polvo de cáscara de huevo y zeolita pulverizada en la resistencia de compresión del ladrillo de concreto.

Para el estudio de esta investigación se usó el tipo aplicada con diseño cuasi experimental, la población elegida fue la mezcla utilizada en los ladrillos de concreto, trabajando con una muestra de 14 ladrillos a los 28 días de curado con porcentajes entre 0%, 9% y 15% de sustitución al cemento por una combinación de cáscara de huevo y zeolita, teniendo un total de 42 ladrillos para ensayos de resistencia de compresión.

Los resultados de resistencia de compresión de los ladrillos de concreto a los 28 días de curado fueron 129.05 kg/cm^2 , 131.20 kg/cm^2 y 134.11 kg/cm^2 para cada grupo con 0%, 9% y 15% de una combinación de cáscara de huevo y zeolita, respectivamente.

Se concluyó que la sustitución parcial de cemento por cáscara de huevo y zeolita aumenta la resistencia de compresión de los ladrillos de concreto, además cumplen con los requerimientos exigidos según la norma E. 070 y la NTP 339.604.

Palabras clave: Resistencia de compresión. Ladrillos de concreto. Diseño de mezcla. Cáscara de huevo. Zeolita.

Abstract

The main objective of the present investigation was to determine what would be the effect of substituting cement for a combination of 9% and 15% of eggshell powder and pulverized zeolite on the compressive strength of concrete brick.

For the study of this research, the type applied with a quasi-experimental design was used, the chosen population was the mixture used in the concrete bricks, working with a sample of 14 bricks at 28 days of curing with percentages between 0%, 9% and 15% replacement of cement by a combination of eggshell and zeolite, having a total of 42 bricks for compression resistance tests.

The compressive strength results of the concrete bricks at 28 days of curing were 129.05 kg/cm², 131.20 kg/cm² and 134.11 kg/cm² for each group with 0%, 9% and 15% of a combination of shell of egg and zeolite, respectively.

It was concluded that the partial substitution of cement for eggshell and zeolite increases the compressive strength of concrete bricks, in addition to meeting the requirements of standard E. 070 and NTP 339.604.

Keywords: Compressive strength. Concrete bricks. Mix design. Eggshell. Zeolite.

I. INTRODUCCIÓN

El problema planteado, en base al crecimiento urbano global, es significativo en los países en desarrollo y van de la mano con las actividades de construcción, la cual genera una alta demanda de materiales de construcción, tales como el cemento. Este material requiere la producción de una gran cantidad de materias primas que, al procesarse conlleva a impactos negativos en el medio ambiente; además, su precio aumenta constantemente.

En nuestro país, debido al aumento de la construcción en estos últimos años, la demanda de ladrillos ha incrementado significativamente, apareciendo ladrilleras clandestinas. Asimismo, en condiciones rudimentarias, la elaboración de ladrillos de concreto no cuenta con un adecuado control de calidad. Esto da como resultado unidades de concreto de mala calidad que afectarán en gran medida la capacidad de la estructura para resistir eventos sísmicos.

Por otro lado, las cáscaras de huevo se han considerado como desechos o residuos sólidos de los criaderos de huevos y de las industrias que utilizan los huevos para otros fines. Debido a esto, se producen miles de toneladas de desechos de cáscaras de huevos que generan un impacto negativo importante sobre el medio ambiente.

Mientras tanto, la zeolita en la región de Ancash es una roca desaprovechada debido al desconocimiento general de los pobladores en cuanto a sus propiedades cementantes y a sus otros múltiples usos presentes en la agricultura, en la depuración de aguas residuales, en la filtración de gases, etc.

Por lo expuesto anteriormente, se planteó la pregunta: ¿cuál sería el efecto de la sustitución parcial del cemento por cáscara de huevo y zeolita en la resistencia de compresión del ladrillo de concreto de Chimbote en el año 2021?

Para justificar esta investigación se abarcaron tres aspectos importantes:

Científicamente, de acuerdo a estudios previos que reconocen el contenido de calcio y sílice en la cáscara de huevo y la zeolita, respectivamente; al ser utilizados como materiales puzolánicos en adición al cemento, reaccionan químicamente y forman un compuesto que posee propiedades aglomerantes. Esto podría favorecer en las propiedades tanto mecánicas como físicas en el concreto, abarcando su durabilidad y su resistencia en los ladrillos de concreto en comparación a los ladrillos convencionales.

Por otro lado, a nivel social, las actividades para obtener la cáscara de huevo y la zeolita, puede representar una serie de actividades generadoras de trabajo para muchas familias al realizar actividades de reciclaje. La población, además, se vería beneficiada de la información proporcionada por estos estudios sobre los porcentajes adecuados de adición de cáscara de huevo y zeolita en el concreto, ya que brindará a los pobladores la oportunidad de construir sus viviendas con ladrillos de concreto a un precio más bajo como resultado de sustituir una parte del cemento por cáscara de huevo y zeolita; asimismo, se minimizaría la contaminación ambiental al aprovechar estos desperdicios.

Finalmente, respecto a la parte económica, se sabe que en la localidad de Chimbote existe una falta de manejo por parte de los propietarios sobre los residuos ocasionados por los desperdicios de la cáscara de huevo; por tanto, ésta investigación, viendo la necesidad de mejorar la gestión sobre los desperdicios de la cáscara de huevo y buscando aprovechar sus propiedades cementantes, tuvo la idea de utilizar la cáscara de huevo como sustituto parcial del cemento, de modo que este material pueda reducir el costo del concreto durante su producción, el cual, gracias a una buena gestión de estos residuos, pueda optimizar la cantidad de cemento utilizado en el concreto para los diferentes tipos de edificaciones actuales.

Como objetivo general del estudio, se buscó determinar cuál sería el efecto de sustituir al cemento por una combinación del 9% y 15% de polvo de cáscara de huevo y zeolita pulverizada en la resistencia de compresión del ladrillo de concreto.

Teniendo además como objetivos específicos los siguientes: determinar el tiempo de calcinación y la temperatura de la cáscara de huevo mediante la prueba ATD. A su vez, se buscó determinar las propiedades químicas de la cáscara de huevo y la zeolita, mediante el ensayo fluorescencia de rayos X. También nos enfocamos en determinar cuál será el diseño de mezcla de las muestras patrón y experimental. Finalmente, procedimos a determinar la resistencia de compresión promedio a la edad de 28 días de los ladrillos patrones y ladrillos experimentales.

Asimismo, se planteó la siguiente hipótesis: las propiedades puzolánicas de la combinación de cáscara de huevo y zeolita en porcentajes 9% y 15%, sustituyendo al cemento, elevará la resistencia de compresión en los ladrillos de concreto en comparación a un diseño convencional.

II. MARCO TEÓRICO

Luego de realizar una búsqueda bibliográfica, los antecedentes de este estudio hacen referencia a aquellos investigadores e instituciones que realizaron estudios relacionados con las propiedades de las cáscaras de huevo y zeolitas. Estos estudios están relacionados también con la sustitución parcial al cemento.

A nivel internacional; Tan, Doh y Chin (2018), en su investigación tuvo como objetivo identificar el desempeño de la cáscara de huevo secado al horno como una sustitución del cemento parcial en la elaboración de concreto bajo regímenes de curado con agua y con aire. Empleando la técnica de la observación en una investigación de tipo cuasiexperimental, se añadió cáscara de huevo de diversas cantidades, 5%, 10%, 15% y 20% en volumen, como sustituto del cemento portland ordinario. Los resultados mostraron que el concreto con cáscara de huevo curado con agua mejoró en gran parte la resistencia de compresión y flexión en el concreto, hasta una cantidad del 51,1% y 57,8%, respectivamente. La tasa de absorción de agua del concreto de cáscara de huevo se redujo en aproximadamente un 50%, ya que la cáscara de huevo llenó los vacíos existentes, haciéndolo más impermeable. Sin embargo, la resistencia de compresión del concreto de cáscara de huevo disminuye gradualmente cuando aumenta la porción de cáscara de huevo, durante la inmersión en soluciones ácidas y alcalinas, porque la cáscara de huevo contiene una gran cantidad de calcio, que reacciona fácilmente con soluciones ácidas y alcalinas. Conforme va aumentando el contenido de cáscara de huevo, la solución reacciona con la pasta por lo que la unión de la pasta se reduce y, por lo tanto, la resistencia también se reduce. La disminución de la resistencia de compresión durante la inmersión en solución sulfúrica y solución de sulfato de sodio fue de 27,5% y 31,2%, respectivamente, cuando se utilizó polvo de cáscara de huevo al 20% para reemplazar el cemento. Se concluye entonces que el óptimo porcentaje de cáscara de huevo secado al horno como un reemplazo parcial del cemento es del 15%.

Por otro lado; Nas y Kurbetci (2018), en su investigación tuvo como objetivo encontrar la forma de utilizar la zeolita natural en la producción del concreto e investigar sus efectos en su resistencia y durabilidad. Empleando la técnica de la observación en una investigación de tipo cuasiexperimental, para la producción del concreto, el cemento portland fue reemplazado por zeolita natural en proporciones

de 0%, 10%, 15% y 20%. Además de las mediciones de resistencia de compresión y de flexión, se realizaron en las mezclas de concreto mediciones de resistencia a la congelación-descongelación y a altas temperaturas, permeabilidad rápida al cloruro y absorción capilar de agua. Los resultados revelaron que las mezclas de concreto que contienen un 10% de zeolita rindieron mayores resistencias de compresión y de flexión. La rápida permeabilidad al cloruro y las medidas capilares disminuyeron a medida que aumentaba el reemplazo de zeolita natural. En conclusión, la incorporación de 10% de zeolita natural sirve como una opción adecuada para mejorar las propiedades durables y resistentes del concreto.

A su vez; Yu, Ing y Choo (2017), en su investigación tuvo como objetivo indagar el efecto de diferentes condiciones de curado sobre la resistencia de compresión del concreto con cáscara de huevo. Valiéndose de la técnica de la observación en una investigación de tipo cuasiexperimental, los polvos de cáscara de huevo se trataron como reemplazo parcial de cemento en un 5%, 10%, 15% y 20%. Las probetas de concreto se expusieron a dos ambientes diferentes (curado con agua y curado al aire libre) durante 1, 7 y 28 días. Los resultados mostraron que el crecimiento de la resistencia inicial para la resistencia de compresión aumenta con el porcentaje de reemplazo hasta un 15%, siendo este comportamiento más evidente para el ambiente de curado con agua completa hasta un 67.53%. La resistencia de compresión a los 28 días del concreto con cáscara de huevo para el curado con agua y curado al aire libre fueron de 49,23 MPa y 46,34 MPa, respectivamente. Sin embargo, las muestras de concreto perdieron 24.7% y 34.83% cuando el polvo de cáscara de huevo reemplazó hasta el 20% del cemento para curado con agua y curado al aire libre. Se concluye entonces que el curado con agua resulta más adecuado en comparación con el curado al aire libre y que el porcentaje adecuado de cáscara de huevo como un reemplazo parcial del cemento es del 15%.

De igual modo; Nagrockiene y Girskas (2016), en su investigación la cual tuvo como objetivo investigar las propiedades del concreto modificado con adición de zeolita natural. Haciendo uso de la técnica de la observación en una investigación de tipo cuasiexperimental, se prepararon 5 lotes de muestras con un contenido de zeolita del 0 al 10% (el material aglutinante se sustituyó por zeolita natural). Se probaron los siguientes parámetros de concreto modificado: resistencia de compresión,

absorción de agua, densidad, velocidad del pulso ultrasónico, porosidad (abierta y cerrada) y resistencia prevista de congelación-descongelación. Los resultados mostraron que la sustitución de hasta un 10% del cemento por zeolita natural aumenta la resistencia de compresión del concreto en un 15%, reduce la absorción del agua 2,3 veces, aumenta la densidad y la velocidad del pulso ultrasónico, aumenta la porosidad cerrada y posteriormente mejora la resistencia al congelamiento-descongelamiento del concreto. En conclusión, la sustitución de 10% de zeolita natural por el cemento sirve como una opción adecuada para mejorar las propiedades del concreto.

Asimismo; Tan, Balouch, Rashid, Javed y Ahmad (2017), en su investigación tuvo como objetivo determinar la influencia del polvo de cáscara de huevo como reemplazo parcial del cemento en el concreto. Empleando la técnica de la observación en una investigación de tipo cuasiexperimental, el cemento se sustituyó por cáscara de huevo en una cantidad de 5, 10, 15 y 20%; todos los demás parámetros de la mezcla se mantuvieron constantes. Además, se investigó la resistencia de compresión de todos los tipos de mezcla después de 7, 14, 28 y 63 días de curado. Los resultados mostraron que la trabajabilidad disminuyó con el aumento de la cantidad de cáscara de huevo; del mismo modo se observó un retraso en la ganancia de resistencia de compresión con la cantidad creciente de cáscara de huevo. La resistencia de compresión de las probetas con cáscara de huevo es comparable a las del concreto convencional después de los 63 días de curado; sin embargo, se observó una gran diferencia entre las resistencias de compresión hasta los 28 días de curado. Se concluye entonces que la cáscara de huevo tiene el potencial de usarse como reemplazo parcial del cemento y también puede usarse como retardador en la producción de concreto.

A nivel nacional, tenemos la investigación de Ichiparra y Edinson (2017), cuyo objetivo fue determinar la resistencia de compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ adicionándole cáscara de huevo. Usando la observación basada en una investigación de tipo cuasiexperimental, en el diseño, se agregó un cierto porcentaje de cáscaras de huevo en polvo para reemplazar el cemento, las proporciones fueron de un 5% y 10%. Los resultados de los ensayos mostraron, en comparación con el concreto estándar, que la muestra de concreto con cáscara de

huevo tiene una resistencia de compresión mayor a los 7 días. Con la sustitución de la cáscara de huevo al cemento en un 5% se tuvo un concreto de resistencia alta de 230,12 kg/cm² en los primeros 7 días de realizado el curado y luego 28 días después de realizado el curado, la resistencia promedio obtenida fue de 277,20 kg/cm². De la mezcla del concreto utilizando como sustituto la cáscara de huevo al 10%, después de 28 días de realizado curado, su resistencia fue 348,28 kg/cm². En conclusión, la sustitución parcial de cemento por 5% y 10% de polvo de cascara de huevo son cantidades optimas que pueden lograr mejores resultados en las resistencias del concreto endurecido; y que, además, se puede considerar a la cáscara de huevo como un aditivo que sirva como acelerante natural.

Añadiendo más conocimiento al ámbito de la investigación, Bravo y Chura (2018), en su tesis, cuyo objetivo principal fue analizar la evolución de las magnitudes de sus propiedades mecánicas, resistencia de compresión, y módulo de elasticidad del concreto con dosificación $f'c=210$ kg/cm²; concreto que fue añadido de zeolita natural en 10% en relación al peso del cemento y un concreto añadido de zeolita natural al 20% respecto al peso del cemento evaluadas a los 7, 14, 21, 28 días. Aplicando la observación para su investigación de tipo cuasiexperimental, se realizaron probetas cilíndricas (briquetas) curadas durante 7, 14, 21, 28 días, que fueron sometidos a ensayos de resistencia de compresión. Se obtuvo como resultado un aumento de la resistencia de compresión en un 9.34% en el concreto añadido de 10% de zeolita natural y un 6.25% para el concreto adicionado de 20% de zeolita natural y un incremento en la magnitud del módulo de elasticidad en un 6.73% para el concreto añadido de 10% de zeolita natural y un 4.71% para el concreto adicionado de 20% de zeolita natural, ambos casos respecto al peso del cemento de dosificación estándar del concreto patrón. Finalmente, de las dos propiedades analizadas se concluyó que el rango de propiedades mecánicas de las muestras de zeolita natural agregadas ha aumentado en comparación con el concreto estándar y, por lo tanto, tienen mejores propiedades mecánicas.

De la misma forma, tenemos la investigación de Castro y Alfaro (2019), para su tesis cuyo objetivo fue el análisis y la comparación del cambio de propiedades mecánicas y físicas del concreto patrón en comparación con el experimental, mediante la sustitución del material aglutinante por fibras de cáscara de huevo. con

resistencias de 210 kg/cm², 280 kg/cm² y 350 kg/cm². Haciendo uso de la observación basada en una investigación de tipo cuasiexperimental, las muestras consistieron en especímenes circulares de 15 cm x 30 cm, ensayadas al 15% y 20% de sustitución y 2% de adición en base al peso del cemento, a los 7 días, 14 días y 28 días de edad para ensayos de resistencia de compresión, y a la edad de 28 días para resistencia de tracción. Los resultados de los ensayos del concreto experimental sustituyendo al cemento por cáscara de huevo, pudo alcanzar su resistencia de diseño a la edad de 7 días, mientras que el porcentaje de sustitución que obtuvo mejor resultado es del 15% y 2% de adición. En base a estos resultados, se concluyó que la cáscara de huevo es una alternativa eficaz al cemento y que esta alternativa actúa como potenciador de la resistencia desde temprana edad.

Mientras tanto, Gómez y Eduardo (2019), en su tesis, cuyo objetivo fue conocer cuál sería efecto de reemplazar el cemento por zeolita en un 15% y 20% en la resistencia de un mortero. Aplicando la observación para su investigación de tipo cuasiexperimental, se realizaron una serie de ensayos; entre ellos la resistencia de compresión, considerando un mortero patrón comparándolo con un experimental. Los resultados mostraron que en los dos ensayos experimentales se obtuvieron una resistencia mayor a comparación de los patrones; con una sustitución del 15% en la que se puede observar a las edades de 7 días y 28 días de curado un crecimiento de 287 kg/cm², 388 kg/cm² y con la sustitución de 20% a los 3 días, 7 días y 28 días de curado unas resistencias de 281 kg/cm², 253 kg/cm² y 348 kg/cm², superando las resistencias de los morteros patrones los cuales fueron de 247 kg/cm², 204 kg/cm² y 378 kg/cm² de resistencia. Al final, se llegó a la conclusión de que los resultados confirman que la zeolita es un material cementante útil como suplemento.

Por último, tenemos la investigación de Reyes (2019), para su tesis cuyo objetivo fue averiguar la resistencia de compresión de un concreto $f'_c=210$ kg/cm² sustituyendo al cemento por cenizas de cáscara de huevo en 4%, 6% y 8%. Usando la observación basada en una investigación de tipo correlacional, se elaboraron 36 probetas para elaborar los ensayos de resistencia de compresión del concreto. De tal manera se determinó la concentración óptima de sustitución de la ceniza de cáscara de huevo en la mezcla de concreto para que el reemplazo pueda funcionar

de manera efectiva. Los resultados mostraron valores favorables para la trabajabilidad y la resistencia del concreto sustituyendo parcialmente al cemento por cenizas de cáscara de huevo al 8% comparándolo con el concreto patrón. En conclusión, la sustitución parcial de cemento por 8% de polvo de cáscara de huevo puede lograr mejores resultados en las resistencias del concreto endurecido.

Siendo parte fundamental en esta investigación, tenemos las siguientes teorías relacionadas al tema, tales como el concreto, que es la mezcla donde intervienen los agregados, el cemento y el agua; este último funciona como aglomerante que brinda características de moldeabilidad y plasticidad a la mezcla, para luego endurecerse y lograr conseguir una resistencia permanente; por tanto, el concreto convencional o común se produce mezclando estos tres componentes básicos, y finalmente se incorpora el cuarto componente, normalmente designado como aditivo (Ashby, 2020, p. 19).

El concreto está compuesto de algunos materiales indispensables; tal como el cemento, que está compuesto principalmente de silicatos de calcio hidráulico, que, junto al agua, logra convertirse en una pasta uniforme que puede endurecerse y mantener su estructura; se produce triturando Clinker, que generalmente contiene sulfato de calcio, y finalmente agregando piedra caliza durante el proceso de molienda (Arias, Nácher y Donnay, 2017, p. 91). Los componentes químicos principales de los materiales básicos de la producción de cemento y sus proporciones son: calcio, sílice, etc., tal como se muestra en la Tabla 01.

Como materiales importantes que le brindan la dureza al concreto, tenemos a los agregados, los cuales son un grupo de partículas resultantes de la erosión de rocas o mediante trituración; consisten en una mezcla de arena y piedras de diferentes tamaños, por lo que en combinación con agua y aglomerantes crea un material duradero con altas propiedades mecánicas, asimismo su importancia radica en que constituye el 75% de las mezclas de concreto convencionales en volumen y su superficie debe estar libre de impurezas, que puedan disminuir la unión con el cemento húmedo (Parrales, Moreno y Cobos, 2018, p. 30).

Brindando la parte líquida en la mezcla, tenemos al agua, que es el elemento fundamental en términos de desarrollo del desempeño del concreto, por lo que su

función está relacionada con las características de trabajabilidad, resistencia y propiedades en estado endurecido; su importancia en la preparación del concreto se centra en su uso como agua para el lavado de los agregados, agua de curado y agua de mezclado; asimismo la norma indica que el agua potable se puede usar sin la necesidad de realizar ensayos para su elaboración (Parrales, Moreno y Cobos, 2018, p. 32).

Haciendo referencia a los agregados, por su tamaño se clasifican en agregado fino, siendo la arena o también piedra triturada que logra pasar al tamiz 3/8 hasta retenerse en el tamiz N° 200, el cual generalmente forma alrededor del 35% hasta el 45% por volumen o masa total en el agregado; sus partículas deberán ser limpias, con un perfil angular, resistente y compacto (Ahmed, Jawaduddin y Zardari, 2019, p. 23). Por el contrario, el agregado grueso, está compuesto de piedra triturada o grava, naturales o artificiales, retenido en el tamiz N° 4; también debe estar compuesto por partículas limpias, angulares, resistentes, compactas y rugosas en su textura (Ahmed, Jawaduddin y Zardari, 2019, p. 23).

Por su parte, el ladrillo de concreto se considera una unidad estructural de mampostería hecha de cemento, agregados y agua, y su tamaño nominal permite manipularlo con solo una mano; pertenecen a la jerarquía de mampostería y están diseñados para sellar y reforzar mampostería (Trujillo, 2018, p. 19).

Tabla 01: Principal composición química en el cemento.

COMPONENTES	PORCENTAJES	ABREVIATURAS
CaO	60% al 67%	C
SiO ₂	17% al 25%	S
Al ₂ O ₃	3% al 8%	A
Fe ₂ O ₃	0.5% al 6%	F
MgO	0.1% al 4%	
SO ₃	1.3% al 3%	
K ₂ O + Na ₂ O	0.4% al 1.3%	

Fuente: Parthasarathi, Prakash y Satyanarayanan, 2017, p. 443.

Haciendo alusión a los agregados, estos pueden estar sometidos a distintos ensayos a la hora de averiguar algunas de sus características, entre ellas está la granulometría, que es un método para expresar la distribución de volumen de las

partículas por tamaño a través del uso de tamices, que se separan gradualmente de las aberturas más grandes a un material más pequeño de los materiales dispuestos para su uso como agregados (Rui-Wamba, 2020, p. 191); en particular, la granulometría del agregado fino, se basa en realizar el tamizado de las partículas a través de tamices con aberturas estándar, luego se pesa el porcentaje del peso total del material, y de esta manera encontrar la distribución de las partículas finas relacionándolos con los otros diámetros de sus partículas; para desarrollar este ensayo se hacen uso de los tamices N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100, los cuales están de acuerdo con los parámetros de la Tabla 02 (Rui-Wamba, 2020, p. 191); del mismo modo, la granulometría para el agregado grueso debe graduarse según los criterios que se muestran en la Tabla 03, en el cual se disponen los límites de tamaño de partícula de un material para cumplir con las especificaciones para la preparación del concreto (Rui-Wamba, 2020, p. 191); además, el contenido de humedad es la humedad total retenida por las partículas agregadas en un momento dado; se considera humedad a todos los líquidos vaporizables contenidos en el material, por lo que esta característica es importante porque afecta la contribución del agua en la mezcla, debiéndose considerarse para realizar los ajustes apropiados para las proporciones de las mezclas (Rui-Wamba, 2020, p. 191); añadiendo, el peso unitario es la masa de agregado por unidad de volumen, por lo que estos valores generalmente se utilizan para seleccionar las proporciones en las mezclas del concreto (Rui-Wamba, 2020, p. 191); aparte, la absorción es la cantidad de agua que el agregado absorbe después de remojar en agua durante 24 horas, expresada como un porcentaje en el peso seco, por lo tanto, si el agregado se mantiene a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ se considera seco durante el tiempo adecuado para eliminar toda el agua no combinada; es una propiedad importante porque reduce el agua de mezcla en el concreto, influyendo en sus propiedades de trabajabilidad y resistencia, por lo que es justo considerarlo durante la corrección en la proporción de las mezclas del concreto (Rui-Wamba, 2020, p. 191); por último, el peso específico resulta de la diferencia del peso calculado del volumen de material en el aire y el peso calculado del volumen semejante de agua en el aire a una temperatura específica (Rui-Wamba, 2020, p. 191).

Tabla 02: Límites en la granulometría del agregado fino.

MALLAS	PORCENTAJES QUE PASAN
3/8	100
N°4	100
N°8	95 al 100
N°16	70 al 100
N°30	40 al 75
N°50	10 al 35
N°100	2 al 15
N°200	Menos de 2

Fuente: San Bartolomé, Quiun y Silva, 2019, p. 55.

Tabla 03: Requisitos de granulometría en el agregado grueso.

MALLAS	PORCENTAJES QUE PASAN
½	100
3/8	85 al 100
N°4	10 al 30
N°8	0 al 10
N°16	0 al 5

Fuente: San Bartolomé, Quiun y Silva, 2019, p. 61.

Durante su proceso de producción, el concreto cumple con ciertas propiedades en estado plástico y en estado endurecido. Dentro de las propiedades del concreto cuando se encuentra en estado plástico, está la trabajabilidad, es decir, durante el desarrollo de estos procesos, el concreto fresco podrá mezclarse, transportarse, colocarse y compactarse sin aislamientos ni filtraciones; el método para medir la trabajabilidad es a través de la prueba consistencia del cono de Abrams o slump, que puede aproximarse numéricamente; se refiere al grado de humectación que tiene la mezcla y generalmente depende cuánta agua se utilizará; para determinar el slump se deberán seguir los parámetros de prueba especificados (Montoya, 2017, p. 15); del mismo modo, la segregación es aquella propiedad del concreto en estado fresco, que consiste en descomponer la mezcla en las partes que lo constituyen, es decir las partículas gruesas se desprenden del mortero y la diferencia de densidad entre los diferentes componentes en el concreto conduce a tener partículas mucho más pesadas a hundirse; la segregación está en servicio

del grado de consistencia de la mezcla, aumentando su riesgo si está muy húmeda, y reduciendo su riesgo cuando está muy seca; por lo que si se realiza una mala colocación y manipulación causa la segregación en la mezcla (Montoya, 2017, p. 15); por último, la exudación se debe a la separación o precipitación de sólidos del concreto, lo que hace que una porción del agua usada en la mezcla suba hacia su superficie; la definición de exudación es el flujo de agua en la mezcla de concreto en estado fresco hacia la superficie, provocado por el asentado de materiales sólidos en la mezcla, en consecuencia la exudación es el resultado de una inadecuada dosificación en la mezcla, uso de aditivos, excesiva cantidad de agua y por la temperatura del ambiente (Montoya, 2017, p. 16).

Conjuntamente, dentro de las propiedades que presenta el concreto en estado endurecido tenemos a la elasticidad, que es la capacidad que tiene el concreto para deformarse bajo una carga sin deformaciones permanentes, por lo que el módulo de elasticidad normal oscila entre 250 y 350 kg/cm² y es proporcionalmente inversa a la relación de agua/cemento; por tanto, el concreto no se puede considerar un material elástico del todo, para cargas crecientes, la relación tensión-deformación suele adoptar la forma semejante a una curva; el módulo de elasticidad se denomina como la relación de tensión hacia una deformación que es medida desde un punto en el que la línea se desvía de la línea y empieza a doblarse (Thenoux y Solminihac, 2017, p. 30); del mismo modo, la resistencia es la capacidad que el concreto tiene para soportar esfuerzos y cargas, destacando la compresión comparándola con la tracción, a causa de las propiedades propias de la pasta de cemento; depende generalmente de la concentración presente en la pasta de cemento, que logra acostumbrarse a expresarse en términos de la relación de agua/cemento en peso, por lo que los factores que intervienen en su resistencia son la temperatura y el tiempo, junto a otros elementos conformados por el tipo de cemento y calidad de los agregados, los cuales constituyen la estructura del concreto (Thenoux y Solminihac, 2017, p. 30); por último, la durabilidad es aquella capacidad que tiene el concreto para soportar las condiciones externas sin cambiar su estructura en el tiempo; es resistente a factores externos como temperaturas bajas, permeabilidad al agua, resistencia a la abrasión, corrosivos o choque térmico, sin empeorar sus condiciones físicas y químicas (Thenoux y Solminihac, 2017, p. 30).

Para la elaboración del concreto se tendrá en cuenta las proporciones de cada material, que le brindará las resistencias ante esfuerzos y deformaciones. Una de las más primordiales es el diseño de mezcla, que es la aplicación práctica y técnica empleadas en las investigaciones científicas, para determinar la mezcla más económica y práctica del cemento, agua, agregados y en algunas situaciones, aditivos, para elaborar mezclas de concreto que cumplan con los criterios de las normas establecidas para sus propiedades, por lo que se basan en el uso de tablas y en el uso proporciones ya establecidas (Montoya, 2017, p. 9). El método para aplicar lo anterior dicho es el método del instituto americano del concreto (ACI), siendo el más famoso y el más utilizado; se basa en el uso de gráficas, ábacos empíricos y tablas, de acuerdo a las propiedades y características de los elementos usados en las mezclas de concreto para encontrar la cantidad de peso y volumen en los materiales, para 1 m³ de concreto; debe tenerse en cuenta que en el método ACI se considera que la proporción de agregados cumple con la especificación de granulometría de acuerdo a la norma ASTM C-33 (Montoya, 2017, p. 9).

Para la compactación del ladrillo de concreto dentro del molde que servirá para darle su forma y dimensión, tenemos la vibración, que es el método de asentado real más efectivo que tenemos hasta el momento, que puede hacer que el concreto tenga características claras como la resistencia mecánica, la compacidad y una buena suavidad; la vibración implica someter el concreto a choques de altas frecuencias; con esta acción, la masa del concreto, que está menos o más suelto conforme su consistencia, se adentra en el proceso de asentamiento y se deposita de forma gradual y uniforme, reduciendo significativamente el aire atrapado (Storch y Herrero, 2019, p. 821).

Asegurando obtener las resistencias indicadas, se procede al curado de los ladrillos de concreto; hay varios tipos de materiales, métodos y procedimientos que pueden usarse para curar el concreto, pero el propósito es el mismo: asegurar que se mantengan niveles satisfactorios de humedad y temperatura para que tenga las propiedades requeridas (Storch y Herrero, 2019, p. 822).

El ladrillo de concreto puede estar sometido a distintas pruebas, entre ellas podemos medir su resistencia de compresión, que es la medida más grande de la resistencia a la carga axial de una muestra de concreto, expresada en kilogramos

por centímetro cuadrado (kg/cm^2), en mega pascal (MPa) y en libras por pulgada cuadrada (lb/pulg^2) para 28 días de curado; generalmente se estima que la resistencia a los 7 días es el 75% de la resistencia final; los resultados de la prueba se utilizan principalmente para poder determinar si la mezcla del concreto proporcionada cumple los requisitos de resistencias específicos (Guerrero, 2017, p. 290).

Conociendo los aspectos generales de la resistencia de compresión, se procede a realizarse las pruebas; la prueba de resistencia de compresión es un método donde se aplica una carga de compresión axial a un molde cilíndrico a una velocidad especificada, que debe corresponder a los parámetros especificados, antes de que ocurra algún tipo de falla (Callister, 2020, p. 117).

Conjuntamente con los materiales utilizados para la fabricación del concreto, podemos utilizar en reemplazo al cemento otros materiales que tienen propiedades cementantes, entre ellas tenemos: Las cáscaras del huevo, importantes por abarcar la mayor parte de la estructura del huevo; está compuesta por manganeso, cinc, cobre, sodio, hierro, boro, magnesio, aluminio y principalmente por calcio; la cáscara es penetrada por una gran cantidad de poros que se conectan y forman un túnel, generando un cambio de gases entre el exterior y el interior; la pigmentación de la cáscara de huevo depende de la raza propia de las gallinas por lo que no causará ningún daño a la cáscara de huevo (Bedoya y Valencia, 2020, p. 4). La composición química de la cascara de huevos está conformada por 98.4% de materias secas y 3.3% de materias orgánicas, compuesta principalmente por un 90% de CaCO_3 , entre otros (Chong, Rokia y Doh, 2020, p. 4).

Tabla 04: Principal composición química en la cáscara de huevo.

COMPONENTES	PORCENTAJES
CaO	53.60%
SiO ₂	0.08%
Al ₂ O ₃	0.04%
Fe ₂ O ₃	0.02%
MgO	0.01%
SO ₃	0.61%
Na ₂ O	0.01%
Otros	0.62%

Fuente: Ujin, Shavarebi y Hanur, 2017, p. 403.

Otro material que tiene propiedades cementantes es la roca zeolita. La zeolita natural es un mineral de aluminosilicatos hidratados con estructura porosa y valiosas propiedades físicas y químicas, igualmente para el intercambio catiónico, incluyendo cribado molecular, catálisis y absorción; además, está formada por una red tridimensional que consta de unidades tetraédricas de sílice y alúmina conectadas a átomos de oxígeno compartidos (Figmig y Kovac, 2019, p. 94). La composición química de la roca zeolita está formada principalmente por un 63% de SiO₂, entre otros (Chang y Hang, 2020, p. 3).

Tabla 05: Principal composición química en la zeolita.

COMPONENTES	PORCENTAJES
CaO	0.87%
SiO ₂	69.72%
Al ₂ O ₃	13.54%
Fe ₂ O ₃	1.26%
MgO	2.45%
Na ₂ O + K ₂ O	0.13%
Otros	0.09%

Fuente: Samimi, Kamali y Akbar, 2017, p. 294.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación.

Esta investigación fue de tipo aplicada, de manera que la investigación tiene como objetivo proporcionar conocimiento sobre el efecto de sustituir al cemento por una combinación del 9% y 15% de cáscara de huevo y zeolita en la resistencia de compresión del ladrillo de concreto, empleando métodos que cumplen con las normas establecidas para el concreto.

En cuanto al diseño es cuasi experimental, de manera que las muestras se evaluaron a través de ensayos y se obtuvieron los resultados de dos grupos: control y experimental, con los cuales se estudiaron los diseños convencionales del ladrillo de concreto comparándolos con los nuevos diseños elaborados con la sustitución parcial del cemento por una combinación del 9% y 15% de cáscara de huevo y zeolita.

A continuación, se presenta el esquema que se usó en este diseño de investigación:

M1 – X1 – Y1 – O1

M2 – X2 – Y2 – O2

En donde:

M1: Muestra N°1 de los elementos para Grupo Control; ladrillos de concreto, fabricados de forma convencional.

M2: Muestra N°2 de los elementos para Grupo Experimental; ladrillos de concreto, fabricados de forma experimental, sustituyendo por cáscara de huevo y zeolita al cemento.

X1: Variable Independiente; ladrillos de concreto, fabricados de forma convencional.

X2: Variable Independiente; ladrillos de concreto con sustitución del cemento por cáscara de huevo y zeolita.

Y1: Variable Dependiente; resistencia de compresión del ladrillo de concreto, fabricados de forma convencional.

Y2: Variable Dependiente; resistencia de compresión del ladrillo de concreto, fabricados de forma modificada.

O1: Observaciones o resultados que se pueden obtener para el Grupo Control.

O2: Observaciones o resultados que se pueden obtener para el Grupo Experimental.

3.2. Variables y operacionalización.

Relacionada con la investigación, se obtuvieron dos variables: Dependiente e independiente.

Variable dependiente: Resistencia de compresión.

Definición conceptual: Es el máximo esfuerzo que el material puede soportar estando sometido una carga aplastante (Guerrero, 2017, p. 290).

Definición operacional: Es el esfuerzo máximo que soportará el ladrillo de concreto. De esta manera obtendremos la resistencia de compresión de los ladrillos a los 28 días.

Indicadores: Carga y área de contacto.

Escala de medición: Razón.

Variable independiente: Sustitución del 9% y 15% por cáscara de huevo y zeolita.

Definición conceptual: La cáscara del huevo está conformada por diferentes minerales, tales como el calcio; además, la cáscara es penetrada por una gran cantidad de poros que se conectan y forman un túnel, generando un cambio de gases entre el exterior y el interior (Bedoya y Valencia, 2020, p. 4).

Por otro lado, la zeolita es un mineral de aluminosilicatos hidratado con estructura porosa y valiosas propiedades físicas y químicas, igualmente para el intercambio catiónico, incluyendo cribado molecular, catálisis y absorción (Figmig y Kovac, 2019, p. 94).

Definición operacional: Se llevará a cabo la dosificación empleando confitillo, cemento, agua y arena para la fabricación del ladrillo de concreto, sustituyendo parte del cemento por una combinación del 9% y 15% de cáscara de huevo y zeolita. Se efectuará el análisis térmico en un laboratorio, portando una porción de cenizas de cáscara de huevo, así se podrá conocer la temperatura apropiada de calcinación. Se llevará a cabo el ensayo

químico, usando la porción de cenizas de cáscara de huevo y polvo de zeolita, para conocer su composición.

Indicadores: 6% de cascara de huevo y 3% de zeolita del volumen del cemento. 10% de cascara de huevo y 5% de zeolita del volumen del cemento. Análisis térmico diferencial. Fluorescencia de rayos X.

Escala de medición: Razón. Intervalo. Razón.

3.3. Población y muestra.

Población.

La población estuvo constituida por un total de 42 ladrillos de concreto, fabricados de forma convencional y de forma experimental, sustituyendo al cemento por una combinación del 9% y 15% de cascara de huevo y de zeolita.

Muestra.

La muestra es la misma cantidad que la población. Se trabajó para la muestra con 42 ladrillos para edades de 28 días de curado, de los cuales: 14 ladrillos de concreto fueron fabricados de forma convencional, 14 ladrillos de concreto fueron fabricados reemplazando parte del cemento por una combinación del 9% de cáscara de huevo y de zeolita, y por último 14 ladrillos de concreto fueron fabricados reemplazando parte del cemento por una combinación del 15% de cáscara de huevo y de zeolita.

Los ladrillos de concreto serán las unidades de análisis, elaborados de forma convencional y experimental.

Los ladrillos de concreto, patrones y experimentales, se distribuyeron de la forma que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 06: Población y muestra.

DÍAS DE CURADO	PATRÓN	EXP 1 (9% CH y Z)	EXP 2 (15% CH y Z)
28 días	14	14	14
TOTAL		42	

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Muestreo.

El tipo de muestreo utilizado para el desarrollo de esta investigación fue el Muestreo Aleatorio Simple (MAS) para el cálculo de poblaciones infinitas.

Para ello, se empleó la siguiente formula:

$$n = \frac{Z^2 x p x q}{E^2}$$

n: Tamaño de la muestra.

Z: Valor asociado al nivel de confianza.

E: Error de la estimación.

p: Proporción de éxito.

$$q = 1 - p = 0.5$$

Con lo cual, reemplazando los datos en la formula obtenemos el tamaño de la muestra.

$$n = \frac{(1.96)^2 (0.50)(0.50)}{(0.15)^2}$$
$$n = 42$$

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Técnica: La observación fue uno de los métodos primordiales para recoger la información, debido a que los datos fueron obtenidos mediante el uso de protocolos de acuerdo a las normas de cada ensayo.

Otra de las técnicas utilizadas fue el análisis documental, que, para describir las variables estudiadas, se recogieron los datos y las informaciones de fuentes confiables, tales como revistas, tesis, manuales y libros.

Instrumentos: Se utilizaron fichas del laboratorio para tomar los respectivos datos realizados en los ensayos de los ladrillos de concreto. Estas fichas nos indicaron los procedimientos a realizar para la aplicación correcta del ensayo de los ladrillos de concreto, según las normas E. 070 de albañilería y la NTP 339.604; permitiéndonos reunir los resultados de forma confiable y directa.

Validez y confiabilidad: No se requirieron de validación por juicio de expertos ya que los formatos utilizados están correctamente estandarizados de acuerdo a la NTP 339.604 y a la norma E. 070 de albañilería.

3.5. Procedimientos.

Durante el desarrollo de nuestro proyecto de investigación, se hizo lo siguiente: Extrajimos las materias primas; la cáscara de huevo de la localidad de Coishco y la zeolita de la ciudad de Huaraz. Posteriormente a ello, se trasladó una muestra de cáscara de huevo, para la prueba de Análisis Térmico Diferencial en la Universidad Nacional de Trujillo, así mismo se trasladó una muestra de los materiales mencionados anteriormente para desarrollar la prueba de Fluorescencia de Rayos X en el laboratorio perteneciente a la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Más tarde, se elaboró el diseño de mezcla para el ladrillo de concreto en el laboratorio de suelos. Obtenida una vez la dosificación, se elaboraron los ladrillos de concreto control y experimentales, en los cuales se reemplazaron un porcentaje del cemento por cáscara de huevo y zeolita. Finalmente se realizó el proceso de curado siguiendo la norma correspondiente, hasta el momento de la ruptura, los cuales fueron a los 28 días para observar en detalle el comportamiento de los ladrillos de concreto.

3.6. Método de análisis de datos.

Los resultados conseguidos se procesaron en formatos del software Microsoft Excel. A partir de estos formatos se obtuvieron tablas y gráficos necesarios para la interpretación y entendimiento de los resultados.

El uso de tablas fue útil para registrar la caracterización de los agregados gruesos y finos obtenidos en el laboratorio; con estos resultados y apoyándonos en formatos estandarizados, se elaboró el diseño de mezcla para los ladrillos de concreto, patrones y experimentales. Tras la ruptura de los ladrillos de concreto, los resultados obtenidos de la resistencia de compresión fueron representados en tablas y en un gráfico continuo, donde se muestran las resistencias de compresión a los 28 días de curado.

Para el análisis estadístico adecuado se utilizó el software SPSS donde obtuvimos el análisis de varianza (ANOVA) para obtener la prueba de la hipótesis.

3.7. Aspectos éticos.

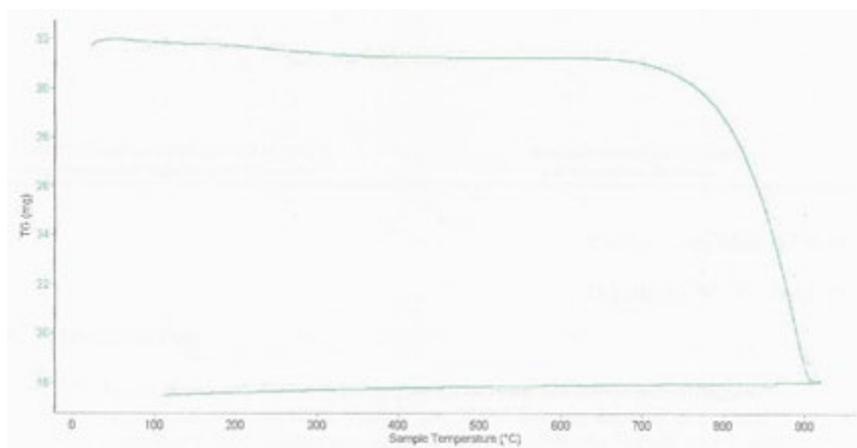
En esta investigación, cumplimos los compromisos éticos siguientes: Nos comprometemos a respetar la fiabilidad de los datos proporcionados y la identidad de los investigadores que participan en los estudios. Asimismo, garantizamos la exactitud de los resultados, lo que significa que no serán copiados por otros investigadores ni extraídos de otras fuentes sin ser citados. De igual manera, la investigación presente se realizó con responsabilidad, honestidad y confidencialidad respecto a la información adquirida. Del mismo modo, para el desarrollo de esta investigación, se amparó según lo indicado en la NTP 330.604: Métodos de muestreo y ensayos de unidades de albañilería de concreto y en el Reglamento Nacional de Edificaciones – E. 070: Albañilería.

IV. RESULTADOS

Ensayo del Análisis Térmico Diferencial (ATD) de la cáscara de huevo.

Para desarrollar el primer objetivo, se recolectó la cáscara de huevo en la ciudad de Coishco, procediendo con el respectivo lavado y trituración, luego se llevó una muestra de 10 g de cáscara de huevo hacia el laboratorio de la Universidad Nacional de Trujillo, en donde se realizaron los ensayos de Análisis Térmico Diferencial. Se determinó mediante las curvas de TGA Y ATD la temperatura de calcinación de este material, como se puede observar en los siguientes gráficos.

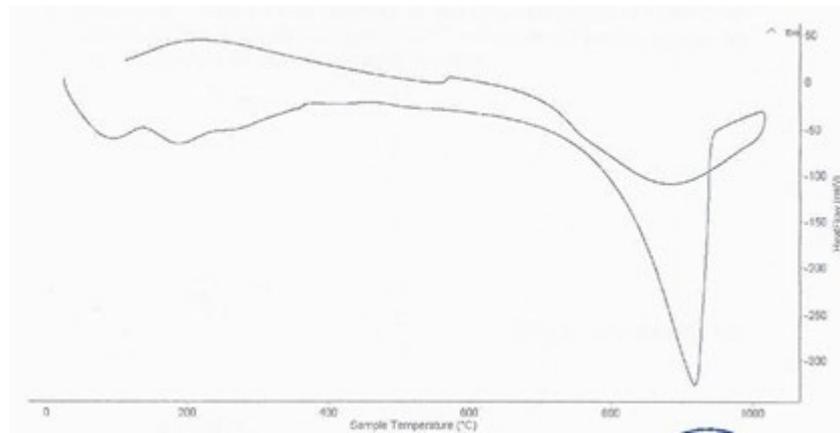
Figura 01: Curva para la pérdida de masa – Análisis termo-gravimétrico de la cáscara de huevo.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Interpretación: De acuerdo con el análisis termogravimétrico, es posible apreciar la importante estabilidad térmica del material hasta que alcanza los 700 °C, luego de lo cual el material comienza a descomponerse y como resultado, cuando se alcanza la temperatura máxima de ensayo, pierde un total de 44% de su masa inicial.

Figura 02: Curva Calorimétrica ATD para la cáscara de huevo.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Interpretación: Según el análisis calorimétrico, la curva nos muestra un fuerte pico endotérmico a más o menos 910 °C, lo que indica que pueden producirse cambios de transición de fase y propiedades del material.

Ensayo del Análisis de Fluorescencia (FRDX) de la cáscara de huevo y la zeolita.

El presente ensayo fue realizado en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, pudiendo así conocer la composición química de la cáscara de huevo y la zeolita y en qué porcentaje se encuentran, como se puede observar en los siguientes gráficos.

Tabla 07: Análisis químico de la cáscara de huevo.

COMPOSICION QUIMICA CASCARA DE HUEVO	RESULTADOS (%)
AL ₂ O ₃	9.67
SiO ₂	0.15
SO ₂	0.82
ClO ₂	0.15
K ₂ O	0.11
CaO	88.46
TiO	0.16
Cr ₂ O ₃	0.006
Fe ₂ O ₃	0.05
Ni ₂ O ₃	0.002
ZnO	0.009
SrO	0.25
ZrO ₂	0.01

CdO	0.29
-----	------

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Descripción: Lo que se puede observar son los resultados del análisis químico realizados para una muestra de cáscara de huevo. Estos resultados muestran un alto porcentaje de calcio (CaO) con un 88.463%, el cual se busca aprovechar para esta investigación.

Tabla 08: Análisis químico de la zeolita.

COMPOSICION QUIMICA ROCA ZEOLITA	RESULTADOS (%)
AL ₂ O ₃	15.46
SiO ₂	33.14
P ₂ O ₃	0.29
SO ₂	0.35
ClO ₂	0.70
K ₂ O	0.57
CaO	42.50
TiO ₂	0.52
Cr ₂ O ₃	0.003
MnO	0.30
Fe ₂ O ₃	6.002
Ni ₂ O ₃	0.007
CuO	0.004
ZnO	0.05
As ₂ O ₃	0.012
SrO	0.04
ZrO ₂	0.005
La ₂ O ₃	0.05

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Descripción: Lo que se puede observar son los resultados del análisis químico realizado para una muestra de zeolita. Estos resultados muestran un alto porcentaje de calcio (CaO) con un 42.504% y silicio (SiO₂) con un 33.142%, los cuales buscan ser aprovechado tras la sustitución del cemento por este material.

Caracterización de los agregados.

Se llevó a cabo la caracterización del agregado grueso, agregado fino, cemento y las sustituciones por cáscara de huevo y zeolita, con el fin de realizar el diseño de mezcla, conforme la norma técnica peruana nos indica. Posteriormente se ejecutó el diseño de mezcla del ladrillo de concreto Tipo IV convencional y experimental con 9% y 15% de una combinación de cáscara de huevo y zeolita.

Tabla 09: Granulometría de la arena gruesa.

TAMIZ		Pesos	% Retenidos	% Retenidos	% Que
N°	Abertura (mm)	Retenidos (gr.)	Parciales (%)	Acumulados (%)	Pasan (gr.)
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.52	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.76	46.00	3.16	3.16	96.84
N°8	2.36	134.00	9.20	12.36	87.64
N°16	1.18	329.00	22.60	34.96	65.04
N°30	0.60	361.00	24.79	59.75	40.25
N°50	0.30	335.00	23.01	82.76	17.24
N°100	0.15	154.00	10.58	93.34	6.66
N°200	0.08	68.00	4.67	98.01	1.99
PLATO		29.00	1.99	100.00	0.00
TOTAL		1456.00	100.00		

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Descripción: En la tabla se mostraron los porcentajes que pasan y que quedan retenidas en las mallas usadas para el análisis granulométrico. De esta tabla se pudo determinar que el módulo de finura fue de 2.86.

Tabla 10: Granulometría del confitillo.

TAMIZ		Pesos Retenidos	% Retenidos Parciales	% Retenidos Acumulados	% Que Pasan
N°	Abertura (mm)	(gr.)	(%)	(%)	(gr.)
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.52	6.00	0.10	0.10	99.90
N°4	4.76	4560.00	76.60	76.70	23.30
N°8	2.36	1284.00	21.60	98.30	1.70
N°16	1.18	76.00	1.30	99.60	0.40
N°30	0.60	14.00	0.20	99.80	0.20
N°50	0.30	6.00	0.10	99.90	0.10
N°100	0.15	3.00	0.10	100.00	0.00
N°200	0.08	2.00	0.00	100.00	0.00
PLATO		0.00	0.00	100.00	0.00
TOTAL		5951.00	100.00		

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Descripción: En la tabla se mostraron los porcentajes que pasan y que quedan retenidas en las mallas usadas para el análisis granulométrico del confitillo. De esta tabla se pudo determinar que el tamaño máximo nominal para el agregado grueso fue 3/8".

Tabla 11: Peso unitario suelto de la arena gruesa.

ENSAYOS	01	02	03
Peso del molde + muestra (gr)	7745	7712	7738
Peso del molde (gr)	3300	3300	3300
Peso de la muestra (gr)	4445	4412	4438
Volumen de molde (cm ³)	2750	2750	2750
Peso unitario (kg/m ³)	1616	1604	1614
Peso unitario promedio (kg/m ³)		1612	
Corregido por humedad		1604	

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Descripción: En la tabla mostrada observamos los correspondientes datos y resultados obtenidos en los ensayos del peso unitario suelto para el agregado fino, el cual dio como resultado 1604 kg/m³.

Tabla 12: Peso unitario compactado de la arena gruesa.

ENSAYOS	01	02	03
Peso del molde + muestra (gr)	8158	8163	8132
Peso del molde (gr)	3300	3300	3300
Peso de la muestra (gr)	4858	4863	4832
Volumen de molde (cm ³)	2750	2750	2750
Peso unitario (kg/m ³)	1767	1768	1757
Peso unitario promedio (kg/m ³)		1764	
Corregido por humedad		1755	

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Descripción: En esta tabla observamos los correspondientes datos y resultados obtenidos en los ensayos del peso unitario compactado para el agregado fino, el cual nos dio como resultado 1755 kg/m³.

Tabla 13: Peso unitario suelto del confitillo.

ENSAYOS	01	02	03
Peso del molde + muestra (gr)	6726	6760	6688
Peso del molde (gr)	3300	3300	3300
Peso de la muestra (gr)	3426	3460	3388
Volumen de molde (cm ³)	2750	2750	2750
Peso unitario (kg/m ³)	1246	1258	1232
Peso unitario promedio (kg/m ³)		1245	
Corregido por humedad		1239	

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Descripción: En esta tabla observamos los correspondientes datos y resultados obtenidos en los ensayos del peso unitario suelto para el agregado grueso, de donde obtuvimos un resultado de 1239 kg/m³.

Tabla 14: Peso unitario compactado del confitillo.

ENSAYOS	01	02	03
Peso del molde + muestra (gr)	7250	7250	7250
Peso del molde (gr)	3300	3300	3300
Peso de la muestra (gr)	3950	3950	3950
Volumen de molde (cm ³)	2750	2750	2750
Peso unitario (kg/m ³)	1436	1436	1436
Peso unitario promedio (kg/m ³)		1436	
Corregido por humedad		1429	

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Descripción: En esta tabla observamos los correspondientes datos y resultados obtenidos en los ensayos del peso unitario compactado del agregado grueso, el cual dio como resultado 1429 kg/m³.

Tabla 15: Contenido de humedad de la arena gruesa.

ENSAYOS	01	02
Tara + suelo húmedo (gr)	790	776
Tara + suelo seco (gr)	788	772
Peso del agua (gr)	2	4
Peso de la tara (gr)	198	166
Peso del suelo seco (gr)	590	606
Contenido de humedad (%)	0.34	0.66
Prom. Contenido de humedad (%)	0.50	

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Descripción: En esta tabla observamos los correspondientes datos y resultados obtenidos de los ensayos del contenido de humedad para el agregado fino, donde observamos un promedio de 0.50% de humedad.

Tabla 16: Contenido de humedad del confitillo.

ENSAYOS	01	02
Tara + suelo húmedo (gr)	668	782
Tara + suelo seco (gr)	666	778
Peso del agua (gr)	2	4
Peso de la tara (gr)	200	156
Peso del suelo seco (gr)	466	622
Contenido de humedad (%)	0.43	0.64
Prom. Contenido de humedad (%)	0.54	

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Descripción: En esta tabla observamos los correspondientes datos y resultados obtenidos de los ensayos del contenido de humedad para el agregado grueso, donde observamos un promedio de 0.54% de humedad.

Tabla 17: Peso específico y absorción de la arena gruesa.

ENSAYOS		01
A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	300.00
B	Peso de picnómetro + agua	652.40
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A+B)	952.40
D	Peso de picnómetro + agua + material	830.20
E	Volumen de masa + volumen de vacíos (C-D)	122.20
F	Peso de material seco en estufa	297.40
G	Volumen de masa (E-(A-F))	119.60
H	P.e. Bulk (Base Seca) F/E	2.434
I	P.e. Bulk (Base Saturada) A/E	2.455
J	P.e. Aparente (Base Seca) F/G	2.487
K	Absorción (%) (D-A/A) x 100	0.87

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Descripción: En esta tabla se recogió de manera detallada los resultados de los ensayos del peso específico y de la absorción para el agregado fino, en la obtuvimos 2.434 g/cm³ y 0.87% respectivamente.

Tabla 18: Peso específico y absorción del confitillo.

ENSAYOS		01	02
A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	495.00	521.00
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	313.70	316.00
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A-B)	181.30	205.00
D	Peso de material seco en estufa	475.10	481.00
E	Volumen de masa (C-(A-D))	161.40	165.00
F	P.e. Bulk (Base seca) D/C	2.621	2.346
G	P.e. Bulk (Base Saturada) A/C	2.730	2.541
H	P.e. Aparente (Base Seca) D/E	2.944	2.915
I	Absorción (%) (D-A/A) x 100	4.19	8.32

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Descripción: En esta tabla se recogió de manera detallada los resultados de los ensayos del peso específico y de la absorción para el agregado grueso, en la que obtuvimos 2.483 g/cm³ y 6.25% respectivamente.

Tabla 19: Resumen de la caracterización de los agregados.

ENSAYO	UNIDAD	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
Peso Específico de Masa	g/cm ³	2.53	2.68
Peso Unitario Suelto	kg/m ³	1604	1239
Peso Unitario Compactado	kg/m ³	1755	1429
Contenido de Humedad	%	0.5	0.54
Absorción	%	0.87	6.25
Módulo de Fineza	-	2.86	-
Tamaño Máximo Nominal	-	-	3/8"

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Descripción: En esta tabla se recogieron de manera detallada los resultados de los ensayos para llevar a cabo el diseño de mezcla.

Tabla 20: Dosificación para los materiales.

Corrección por humedad de los materiales (1m ³ de concreto)						
Muestra	Cemento (kg/m ³)	Zeolita (kg/m ³)	Huevo (kg/m ³)	Arena gruesa (kg/m ³)	Confitillo (kg/m ³)	Agua (l/m ³)
Patrón	249.40	0.00	0.00	1203.63	646.52	174.71
9%	226.95	7.48	14.97	1225.05	646.52	174.79
15%	211.99	12.47	24.94	1234.84	646.52	174.83

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Descripción: En esta tabla podemos ver la dosificación y el peso de los materiales corregidos para la elaboración de los ladrillos de concreto Tipo IV.

Tabla 21: Dosificación según población de ladrillos de concreto.

Cantidad de cada material para 14 ladrillos de concreto (0.09x0.13x0.24m ³)						
Muestra	Cemento (kg)	Zeolita (kg)	Huevo (kg)	Arena gruesa (kg)	Confitillo (kg)	Agua (l)
Patrón	9.80	0.00	0.00	47.32	25.42	6.87
9%	8.92	0.29	0.59	48.16	25.42	6.87
15%	8.33	0.49	0.98	48.54	25.42	6.87
TOTAL	17.26	0.78	1.57	96.70	50.83	13.74

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Descripción: En esta tabla podemos apreciar la cantidad de material de cemento, zeolita, cáscara de huevo y demás agregados para la elaboración de los 42 ladrillos de concreto: 14 patrones y 28 experimentales.

Resistencia de compresión del ladrillo de concreto, patrones y experimentales

Se determinaron las resistencias de compresión del ladrillo de concreto, patrones y experimentales.

Tabla 22: Resistencia de compresión, 28 días, patrón.

N°	DESCRIPCIÓN	EDAD (DIAS)	LARGO (CM)	ANCHO (CM)	AREA (CM ²)	CARGA (KG)	F'C (KG/CM ²)	PROM (KG/CM ²)	% PROM
1	P-1	28	24	13	312	37529	120.29		
2	P-2	28	24	13	312	41032	131.51		
3	P-3	28	24	13	312	43549	139.58		
4	P-4	28	24	13	312	42698	136.85		
5	P-5	28	24	13	312	38965	124.89		
6	P-6	28	24	13	312	37624	120.59		
7	P-7	28	24	13	312	42390	135.87	129.05	99.27
8	P-8	28	24	13	312	40178	128.78		
9	P-9	28	24	13	312	42006	134.63		
10	P-10	28	24	13	312	39951	128.05		
11	P-11	28	24	13	312	36933	118.38		
12	P-12	28	24	13	312	41469	132.91		
13	P-13	28	24	13	312	40667	130.34		
14	P-14	28	24	13	312	38701	124.04		

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Descripción: En la tabla se aprecian los resultados de cada uno de los ensayos de resistencia de compresión de las 14 muestras patrón seleccionadas para este ensayo, donde observamos un promedio total de 129.05 kg/cm². Este promedio representa el 99.27% de la resistencia total.

Tabla 23: Resistencia de compresión, 28 días, experimental (6% CH y 3% Z).

N°	DESCRIPCIÓN	EDAD (DIAS)	LARGO (CM)	ANCHO (CM)	AREA (CM ²)	CARGA (KG)	F'C (KG/CM ²)	PROM (KG/CM ²)	% PROM
1	EX-1	28	24	13	312	41937	134.41		
2	EX-2	28	24	13	312	40228	128.94		
3	EX-3	28	24	13	312	42441	136.03		
4	EX-4	28	24	13	312	37954	121.65		
5	EX-5	28	24	13	312	42640	136.67		
6	EX-6	28	24	13	312	41387	132.65		
7	EX-7	28	24	13	312	39122	125.39	131.20	100.92
8	EX-8	28	24	13	312	39704	127.26		
9	EX-9	28	24	13	312	40098	128.52		
10	EX-10	28	24	13	312	39334	126.07		
11	EX-11	28	24	13	312	42527	136.30		
12	EX-12	28	24	13	312	41065	131.62		
13	EX-13	28	24	13	312	41763	133.86		
14	EX-14	28	24	13	312	42875	137.42		

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Descripción: En la tabla se aprecian los resultados de cada uno de los ensayos de resistencia de compresión de las 14 muestras experimentales (6% CH y 3% Z) seleccionadas para este ensayo, donde observamos un promedio total de 131.20 kg/cm². Este promedio representa el 100.92% de la resistencia total.

Tabla 24: Resistencia de compresión, 28 días, experimental (10% CH y 5% Z).

N°	DESCRIPCIÓN	EDAD (DIAS)	LARGO (CM)	ANCHO (CM)	AREA (CM ²)	CARGA (KG)	F'C (KG/CM ²)	PROM (KG/CM ²)	% PROM
1	EY-1	28	24	13	312	41329	132.46		
2	EY-2	28	24	13	312	45539	145.96		
3	EY-3	28	24	13	312	40422	129.56		
4	EY-4	28	24	13	312	43394	139.08		
5	EY-5	28	24	13	312	39932	127.99		
6	EY-6	28	24	13	312	43611	139.78		
7	EY-7	28	24	13	312	39834	127.67	134.11	103.16
8	EY-8	28	24	13	312	42518	136.28		
9	EY-9	28	24	13	312	39947	128.04		
10	EY-10	28	24	13	312	42750	137.02		
11	EY-11	28	24	13	312	44732	143.37		
12	EY-12	28	24	13	312	41067	131.63		
13	EY-13	28	24	13	312	39122	125.39		
14	EY-14	28	24	13	312	41598	133.33		

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Descripción: En la tabla se aprecian los resultados de cada uno de los ensayos de resistencia de compresión de las 14 muestras experimentales (10% CH y 5% Z) seleccionadas para este ensayo, donde observamos un promedio total de 134.11 kg/cm². Este promedio representa el 103.16% de la resistencia total.

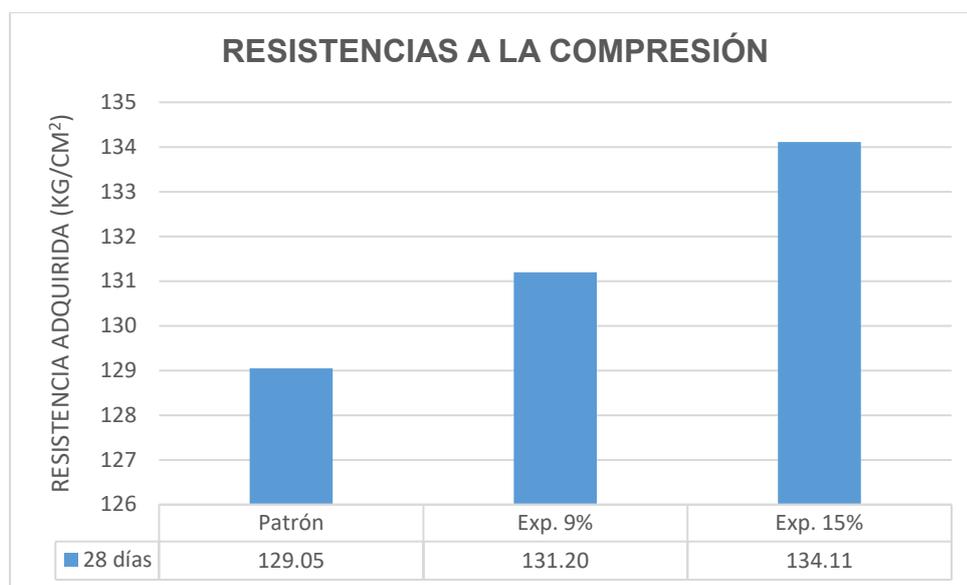
Tabla 25: Resumen de las resistencias de compresión.

RESUMEN DE RESISTENCIAS DE COMPRESIÓN	
	28 DÍAS
Patrón	129.05
E1 (6% CH, 3% Z)	131.20
E2 (10% CH, 5% Z)	134.11

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Descripción: En la tabla se aprecian los resultados que se obtuvieron mediante los ensayos de compresión que se realizaron sobre los ladrillos de concreto patrón y experimentales.

Figura 03: Resistencias de los ladrillos de concreto patrón y experimental.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Descripción: En el gráfico se logra apreciar una comparación de los resultados que obtuvimos mediante la prueba de compresión de ladrillos de concreto patrón y experimentales a la edad de 28 días.

Tabla 26: Prueba ANOVA para comprobar el análisis de varianza.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Sustitución	112.438	2	56.219	2.89	0,023
Días de curado	1421.840	2	710.92	36.643	0,011
Error	72.894	4	18.2235		
Total	1607.172	8			

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Descripción: En la tabla se observa que, para la sustitución del cemento por la mezcla de cáscara de huevo y zeolita, el valor del p-value $< \alpha$ ($p=0.023$, $p < 0.05$), entonces podemos constatar que los datos muestran evidencias suficientes para rechazar la hipótesis nula (H_0 : Las resistencias medias son iguales). Esto significa que en el nivel de significancia del 5%, las resistencias medias en kg/cm^2 obtenidas en los ladrillos de concreto sustituyendo al cemento por una combinación de cáscara de huevo y zeolita en un 9% y 15% no son idénticos. Esto quiere decir que se encontró una importante diferencia entre las resistencias medias de los ladrillos de concreto patrón y experimentales. Mientras tanto, para los días de curado, obtuvimos que p-value $< \alpha$ ($p=0.011$, $p < 0.05$), deduciendo de esta manera que las resistencias medias de los ladrillos de concreto no son iguales como consecuencia de los días de curado.

V. DISCUSIÓN

Durante la recopilación de los datos para nuestro proyecto, obtuvimos los siguientes resultados para su discusión:

Al realizarse el análisis térmico diferencial de la cáscara de huevo según el análisis termogravimétrico, se apreció una estabilidad térmica de la muestra hasta los 700°C, posteriormente el material se empieza a descomponer hasta alcanzar la temperatura máxima de ensayo, donde pierde un total de 44% de su masa inicial. Más adelante, el ensayo mostró un pico endotérmico a una temperatura de 910°C. La activación térmica de la cáscara de huevo a los 910°C por 4 horas, permitió convertir su contenido presente de Carbonato de Calcio (CaCO_3) en su fase activa de Oxido de Calcio (CaO) el cual, al ser utilizado en la mezcla de concreto como sustituto parcial del cemento, aportó los elementos puzolánicos del Hidróxidos de Calcio. Esto también lo constata Ichiparra y Edinson (2017), quienes obtuvieron de sus ensayos una temperatura de calcinación similar de 900 °C para sus cáscaras de huevo; dato que emplearon para activar sus muestras a esta temperatura y lograr así beneficiarse de las propiedades cementantes características de este material.

Los resultados del análisis químico de la cáscara de huevo y la zeolita fueron muy adecuados, debido a que desde el principio buscábamos aprovechar el contenido de CaO (88.46%) presente en la cáscara de huevo y el contenido de SiO_2 (33.14%) presente en la zeolita, para que, mediante la reacción química de estos elementos junto a los elementos del cemento, podamos obtener una mejora en sus propiedades, tal y como lo indican Reyes (2019) y Bravo y Chura (2018). El porcentaje de CaO encontrado para la cáscara de huevo tuvo una diferencia del 3.95% en comparación a los resultados de Reyes (2019), quien en su análisis químico del CaO estuvo compuesto por un 92.41%; por otro lado, el porcentaje de SiO_2 encontrado en la zeolita tuvo una diferencia del 3.59% en comparación con los resultados de Bravo y Chura (2018) quienes encontraron que el SiO_2 estuvo compuesto por un 36.73%.

Los ensayos de los agregados se realizaron de acuerdo a las normas vigentes. El módulo de fineza obtenido fue de 2.86, cumpliendo con los rangos de las normas ASTM C-136 y la NTP 400.012 (quienes establecen un rango entre 2.30 a 3.15). Asimismo, se pudo clasificar como un agregado normal al agregado fino ya que se obtuvo un peso específico de 2.53g/cm^3 , este resultado estaría dentro del rango establecido por la ASTM C-33 (quienes establecen un rango entre 2.50 a 2.80). También se obtuvieron los valores del tamaño máximo nominal, contenido de humedad, peso unitario suelto, peso unitario compactado y absorción, comprobando que los valores obtenidos estén de acuerdo a los rangos que exigen las normas vigentes. Es importante realizar estas pruebas para ver si los materiales utilizados están de acuerdo con lo especificado por las normas y así asegurar el diseño óptimo de la mezcla, asegurando así la calidad de los ladrillos fabricados.

El diseño de mezcla y la selección de las diferentes proporciones se realizaron utilizando el método ACI. Las dimensiones del ladrillo que se elaboraron tuvieron las siguientes medidas: 24 cm (largo), 13 cm (ancho) y 9 cm (alto). La resistencia de diseño a los 28 días fue de 130 kg/cm^2 y la dosificación en volumen fue de 1:4.49:3.12. Coincidimos con Castro y Alfaro (2019) y Gómez y Eduardo (2019), quienes también realizaron sus diseños de mezcla con el método ACI, considerando las propiedades de los agregados gruesos y finos, puesto que este método se emplea para dosificar mezclas en función del volumen de concreto, según las resistencias que se requieran.

En los resultados alcanzados a través del ensayo de resistencias de compresión, los ladrillos patrón a los 28 días de curado alcanzaron una resistencia promedio de 129.05 kg/cm^2 , mientras que los ladrillos experimentales tendieron a aumentar su resistencia, obteniendo con una sustitución del cemento en un 9% una resistencia promedio de 131.20 kg/cm^2 y en un 15% una resistencia promedio de 134.11 kg/cm^2 . Casos similares ocurrieron con las investigaciones de Reyes (2019) y Bravo y Chura (2018), quienes, a las edades de curado a los 28 días, obtuvieron en

sus muestras experimentales resistencias mayores a sus muestras patrón. Por lo tanto, nuestros resultados confirman nuestra hipótesis, ya que se demostró que al reemplazar parcialmente el cemento con una mezcla de 9% a 15% de cáscara de huevo y zeolita en la mezcla para hacer ladrillos de concreto, su resistencia de compresión aumentó después de 28 días de curado.

VI. CONCLUSIONES

1. Calcinando la cáscara de huevo a 910 °C y moliéndolas, se alcanzó un nivel de activación del 88.463% de óxido de calcio. Este porcentaje de activación le otorgó a la cáscara de huevo una capacidad cementante, que, junto con la zeolita triturada, sirvieron como reemplazo parcial del cemento para elaborar ladrillos de concreto.
2. Analizando la composición química de la cáscara de huevo y la zeolita, se observa un gran potencial como puzolana debido al contenido de óxido de calcio (CaO) y dióxido de silicio (SiO₂) presentes en estos materiales, lo cual podría beneficiar en la resistencia de compresión de los ladrillos de concreto.
3. En el desarrollo del diseño de mezcla para los ladrillos de concreto Tipo IV, la relación a/c fue de 0.83 y la dosificación fue de 1:4.49:3.12. De esta dosificación se obtuvieron las porciones para la cáscara de huevo y la zeolita, al sustituir al cemento en un 9% y 15%.
4. Se determinó finalmente la resistencia de compresión de los ladrillos de concreto patrón y experimental, de acuerdo con los resultados obtenidos a los 28 días de curado, el grupo control (0% CH y Z) consiguió una resistencia de compresión de 129.05 kg/cm², y el que logró una mayor resistencia de compresión fue el grupo experimental 2 (15% CH y Z) con 134.11 kg/cm², seguido del grupo experimental 1 (9% CH y Z) con 131.20 kg/cm². Los resultados obtenidos se compararon con las normas, las cuales, según las pruebas realizadas podemos decir que la sustitución del cemento por cáscara de huevo y zeolita aumentan la resistencia de compresión de los ladrillos de concreto, cumpliendo con los requisitos de la Norma E. 070 y la NTP 399.601.

VII. RECOMENDACIONES

1. Recomendamos a los estudiantes de pre grado que utilicen moldes estándar que permitan fabricar varios ladrillos de concreto al mismo tiempo para mejorar el tiempo y la producción de estos. El molde puede ser de madera o metal (tal como se realizó en esta investigación), para mantener la uniformidad en el tamaño del ladrillo.
2. Se recomienda a las ladrilleras prestar atención durante la etapa de vibración, es muy importante que el ladrillo se desarrolle correctamente, teniendo en cuenta la cantidad del cemento, agua, agregados y porcentaje de sustitución de cemento, de lo contrario estas no tendrán el efecto de mejora en las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de concreto.
3. A los futuros investigadores, se recomienda continuar investigando y aplicar nuevas y mejores técnicas para incrementar el valor agregado de los ladrillos, de manera que se pueda lograr el incremento de la resistencia de compresión; buscando una mejora continua que pueda brindarnos un ladrillo óptimo y económico.
4. Realizar investigaciones sobre la cáscara de huevo y la zeolita, así como otros tipos de residuos orgánicos que presenten sostenibilidad para la producción masiva del material, para que puedan reemplazar al cemento o a los agregados de la mezcla y así poder obtener ladrillos ecológicos, económicos y sobre todo que sea sostenible para las futuras construcciones.

REFERENCIAS

Al-Safy, R., & Al-Safy, R. A. (2015). Experimental investigation on properties of cement mortar incorporating eggshell powder. *Journal of Engineering and Development*, 19(6), 198-206.

Arif, S. M., Rokiah, O., Khairunisa, M., Chong, B. W., Chek, Y. C., Youventharan, D. (2021, February). Compressive Strength of Concrete containing Eggshell Powder as Partial Cement Replacement. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 682, No. 1, p. 012031). IOP Publishing.

Ashby, M. F. (2020). En *Materiales para ingeniería 2* (págs. 19-20).

Asman, N. S. A., Dullah, S., Ayog, J. L., Amaludin, A., Amaludin, H., Lim, C. H., & Baharum, A. (2017). Mechanical properties of concrete using eggshell ash and rice husk ash as partial replacement of cement. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 103, p. 01002). EDP Sciences.

Baldeon Rodriguez, A. D., & Quispe Fajardo, A. N. A. (2020). Resistencia del concreto $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo el 15% y 25% del cemento por cáscara de huevo y cal, Nuevo Chimbote, Ancash–2020.

Balouch, N., Rashid, K., Javed, S., & Ahmad, T. (2017). Experimental study on compressive strength of concrete by partial replacement of cement with eggshell powder. *Technical Journal of University of Engineering and Technology*, 22, 21-27.

Bances Elera, J. M. (2020). Propuesta de modelo matemático para estimarla resistencia a la compresión 210 kg/cm^2 del concreto con adición de cáscara de huevo. Casos de estudio en Perú.

Bartolomé, Q. S. (2019). En *Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería* (págs. 55-61).

Basit, K., Sharma, N. K., & Kishor, B. (2019). A Review on Partial Replacement of Cement by Egg shell Powder. *Int. J. Innov. Technol. Explor. Eng.*

Bravo Sucnier, C., & Chura Cama, E. (2018). Determinación de la evolución de la resistencia a la compresión de un concreto $f'_c= 210 \text{ kg/cm}^2$, añadiendo zeolita natural al 10% y 20% respecto al peso del cemento y la magnitud del módulo de elasticidad según las Normas ASTM C-39 y C-469.

- Bravo, V., & Pacheco, C. (2018). Uso de cáscara de huevo como reemplazo parcial de material cementante en cubos mortero de cemento hidráulico. *INVESTIGACIÓN FORMATIVA EN INGENIERÍA*, 158.
- Callister, W. D. (2020). En *Ciencia e ingeniería de los materiales* (págs. 118-120).
- Castro Gallardo, D. D., & Alfaro Pérez, J. J. (2019). Análisis comparativo de las propiedades físicas-mecánicas del concreto de resistencias F'C= 210, 280, 350 kg/cm² sustituyendo material cementicio por cáscara de huevo.
- Cebrián, J. J. (2018). En *Proceso y preparación de equipos y medios en trabajos de albañilería*. (págs. 19-20).
- Chong, B. W., Rokiah, O., Ramadhansyah, P. J., Doh, S. I., & Li, X. (2020). Properties of concrete with eggshell powder: A review. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 102951.
- Cobos, P. M. (2018). En *CONSERVACIÓN DE EDIFICACIÓN* (págs. 30-32).
- Fernández, J. A. (2017). En *Ingeniería de Vías Férreas* (págs. 290-291).
- Figmig, R., & Kováč, M. (2019). Study on utilization of zeolite in concrete precast industry. *Sel. Sci. Pap. J. Civ. Eng*, 14, 93-102.
- Flores, L. G. C. (2019). Mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto mediante puzolanas naturales para su aplicación en pavimentos rígidos.
- Flórez-Vergara, C. A. Análisis del desempeño puzolánico de las zeolitas naturales pre tratadas como adición al cemento Portland ordinario.
- Gabol, N. A., Memon, F. A., Jawaduddin, M., & Zardari, Z. H. (2019). Analysis of eggshell powder as a partial replacing material in concrete. *International Journal of Modern Research in Engineering & Management*, 2(9).
- Girskas, G., & Skripkiūnas, G. (2017). The effect of synthetic zeolite on hardened cement paste microstructure and freeze-thaw durability of concrete. *Construction and Building Materials*, 142, 117-127.
- Gomez, V., & Eduardo, L. (2019). Sustitución de 15% y 20% de cemento por polvo de roca zeolita en la resistencia de un mortero.

- Hamada, H. M., Tayeh, B. A., Al-Attar, A., Yahaya, F. M., Muthusamy, K., & Humada, A. M. (2020). The present state of the use of eggshell powder in concrete: a review. *Journal of Building Engineering*, 101583.
- Ichiparra, R., & Edinson, M. (2017). Evaluación de la resistencia del concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ con adición de cascara de huevo.
- Ikotun, B. D., & Ekolu, S. (2010). Strength and durability effect of modified zeolite additive on concrete properties. *Construction and Building Materials*, 24(5), 749-757.
- Iswarya, G., & Beulah, M. (2021). Use of zeolite and industrial waste materials in high strength concrete—A review. *Materials Today: Proceedings*, 46, 116-123.
- Izquierdo Olivares, B. H. (2020). Comportamiento mecánico del concreto de mediana resistencia con la adición de zeolitas naturales más cal hidratado, Lima - 2020.
- Jaber, H. A., Mahdi, R. S., & Hassan, A. K. (2020). Influence of eggshell powder on the Portland cement mortar properties. *Materials Today: Proceedings*, 20, 391-396.
- Jhatial, A. A., Sohu, S., Memon, M. J., Bhatti, N. U. K., & Memon, D. (2019). Eggshell powder as partial cement replacement and its effect on the workability and compressive strength of concrete. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, 6(9), 71-75.
- Jokar, F., Khorram, M., Karimi, G., & Hataf, N. (2019). Experimental investigation of mechanical properties of crumbed rubber concrete containing natural zeolite. *Construction and Building Materials*, 208, 651-658.
- Markiv, T., Sobol, K., Franus, M., & Franus, W. (2016). Mechanical and durability properties of concretes incorporating natural zeolite. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 16(4), 554-562.
- Milović, T., Radeka, M., Malešev, M., & Radonjanin, V. (2016). Compressive strength and mineralogical properties of cement paste containing zeolite. In *International conference contemporary achievements in civil engineering* (Vol. 22, pp. 397-403).

- Montoya. (2017). En *Elementos de concreto reforzado I* (págs. 9-16).
- Nácher Fernandez, L. D. (2017). En *Manual de albañilería* (págs. 90-91).
- Nagrockiene, D., & Girskas, G. (2016). Research into the properties of concrete modified with natural zeolite addition. *Construction and Building Materials*, 113, 964-969.
- Nas, M., & Kurbetci, S. (2018). Mechanical, durability and microstructure properties of concrete containing natural zeolite. *Comput. Concr*, 22, 449-459.
- Parthasarathi, N., Prakash, M., & Satyanarayanan, K. S. (2017). Experimental study on partial replacement of cement with egg shell powder and silica fume. *Rasayan Journal of Chemistry*, 10(2), 442-449.
- Rahhal, V. F., Pavlík, Z., Tironi, A., Castellano, C. C., Trezza, M. A., Černý, R., & Irassar, E. F. (2017). Effect of cement composition on the early hydration of blended cements with natural zeolite. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 128(2), 721-733.
- Ramírez Agurto, N. N. (2019). Resistencia a compresión de un ladrillo de concreto $f_c=175 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo al cemento por 10% y 15% de zeolita.
- Reyes Chaupis, M. A. (2019). Resistencia a compresión de un concreto $f_c= 210 \text{ kg/cm}^2$ al sustituir al cemento en 4%, 6% y 8% por cáscara de huevo.
- Rui-Wamba, J. (2020). En *Teoría unificada de estructuras y cimientos: Una mirada transversal* (págs. 190-192). Editorial Reverté.
- Salcedo Rivera, V. E. (2021). Estudio de las propiedades físicas de zeolita natural (aluminosilicato) de tipo clinoptilolita para remplazo parcial del cemento portland.
- Samimi, K., Kamali-Bernard, S., Maghsoudi, A. A., Maghsoudi, M., & Siad, H. (2017). Influence of pumice and zeolite on compressive strength, transport properties and resistance to chloride penetration of high strength self-compacting concretes. *Construction and building materials*, 151, 292-311.
- Sanytsky, M., Kropyvnytska, T., Kruts, T., Horpynko, O., & Geviuk, I. (2018). Design of rapid hardening quaternary zeolite-containing Portland-composite cements. *Key Engineering Materials*, 761, 193-196.

- Sathiparan, N. (2021). Utilization prospects of eggshell powder in sustainable construction material—A review. *Construction and Building Materials*, 293, 123465.
- Shahmansouri, A. A., Bengar, H. A., & Jahani, E. (2019). Predicting compressive strength and electrical resistivity of eco-friendly concrete containing natural zeolite via GEP algorithm. *Construction and Building Materials*, 229, 116883.
- Shiferaw, N., Habte, L., Thenepalli, T., & Ahn, J. W. (2019). Effect of eggshell powder on the hydration of cement paste. *Materials*, 12(15), 2483.
- Solminihac T., T. Z. (2017). En *Procesos y técnicas de construcción: Séptima edición* (págs. 30-31).
- Storch de Gracia, J. M. (2019). En *Organización, gestión y ejecución de proyectos industriales* (págs. 820-822).
- Tan, Y. Y., Doh, S. I., & Chin, S. C. (2018). Eggshell as a partial cement replacement in concrete development. *Magazine of Concrete Research*, 70(13), 662-670.
- Tran, Y. T., Lee, J., Kumar, P., Kim, K. H., & Lee, S. S. (2019). Natural zeolite and its application in concrete composite production. *Composites Part B: Engineering*, 165, 354-364.
- Trung, N. T., Alemi, N., Haido, J. H., Shariati, M., Baradaran, S., & Yousif, S. T. (2019). Reduction of cement consumption by producing smart green concretes with natural zeolites. *Smart Struct. Syst*, 24(3), 415-425.
- Ujin, F., Ali, K. S., & Hanur Harith, Z. Y. (2017). The effect of eggshells ash on the compressive strength of concrete. *Key Engineering Materials*, 728, 402-407.
- Valenzuela Romero, Y. G. (2017). Análisis comparativo de la resistencia a compresión del hormigón tradicional, con hormigón al emplear zeolita natural en reemplazo parcial del cemento.
- Vejmelková, E., Koňáková, D., Kulovana, T., Keppert, M., Žumár, J., Rovnaníková, P. & Černý, R. (2015). Engineering properties of concrete containing natural zeolite as supplementary cementitious material: Strength, toughness, durability, and hygrothermal performance. *Cement and Concrete Composites*, 55, 259-267.

Wang, Q., Zhang, J., & Ho, J. C. M. (2020). Zeolite to improve strength-shrinkage performance of high-strength engineered cementitious composite. *Construction and Building Materials*, 234, 117335.

Yoon, C. B., & Lee, H. S. (2020). Experimental study on the evaluation of physical performance and durability of cement mortar mixed with water repellent impregnated natural zeolite. *Materials*, 13(15), 3288.

Yu, T. Y., Ing, D. S., & Choo, C. S. (2017). The effect of different curing methods on the compressive strength of eggshell concrete. *Indian Journal of Science and Technology*, 10(6), 1-4.

ANEXOS

ANEXO N°1:
MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE
VARIABLES

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Resistencia de compresión.	Es el máximo esfuerzo que el material puede soportar estando sometido a una carga aplastante (Guerrero, 2017, p. 290).	Es el esfuerzo máximo que soportará el ladrillo de concreto. De esta manera obtendremos la resistencia de compresión de los ladrillos a los 28 días.	Resistencia de compresión del ladrillo de concreto.	Carga y área de contacto.	Razón.
Sustitución del 9% y 15% por cáscara de huevo y zeolita.	La cáscara del huevo está conformada por diferentes minerales, tales como el calcio (Bedoya y Valencia, 2020, p. 4). La zeolita es un mineral de aluminosilicatos hidratado con estructura porosa y valiosas propiedades físicas y químicas, igualmente para el intercambio catiónico, incluyendo cribado molecular, catálisis y absorción (Figmig y Kovac, 2019, p. 94).	Se llevará a cabo la dosificación empleando confitillo, cemento, agua y arena para la fabricación del ladrillo de concreto, sustituyendo parte del cemento por una combinación del 9% y 15% de cáscara de huevo y zeolita. Se efectuará el análisis térmico en un laboratorio, portando una porción de cenizas de cáscara de huevo, así se podrá conocer la temperatura apropiada de calcinación. Se llevará a cabo el ensayo químico, usando la porción de cenizas de cáscara de huevo y polvo de zeolita, para conocer su composición.	Porcentajes de sustitución de cáscara de huevo y zeolita.	6% de cáscara de huevo y 3% de zeolita del volumen del cemento. 10% de cáscara de huevo y 5% de zeolita del volumen del cemento.	Razón.
			Temperatura.	Análisis térmico diferencial.	Intervalo.
			Propiedades químicas.	Fluorescencia de rayos X.	Razón.

ANEXO N°2:
MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES DE ESTUDIO	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
¿Cuál sería el efecto de la sustitución parcial del cemento por cáscara de huevo y zeolita en la resistencia de compresión del ladrillo de concreto de Chimbote en el año 2021?	<p>Objetivo general: Determinar cuál sería el efecto de sustituir al cemento por una combinación del 9% y 15% de polvo de cáscara de huevo y zeolita pulverizada en la resistencia de compresión del ladrillo de concreto.</p> <p>Objetivos específicos: Determinar el tiempo de calcinación y la temperatura de la cáscara de huevo mediante la prueba ATD. Determinar las propiedades químicas de la cáscara de huevo y la zeolita, mediante el ensayo fluorescencia de rayos X. Determinar cuál será el diseño de mezcla de las muestras patrón y experimental. Determinar la resistencia de compresión promedio a la edad de 28 días de los ladrillos patrones y ladrillos experimentales.</p>	Las propiedades puzolánicas de la combinación de cáscara de huevo y zeolita en porcentajes 9% y 15%, sustituyendo al cemento, elevará la resistencia de compresión en los ladrillos de concreto en comparación a un diseño convencional.	Resistencia de compresión.	Resistencia de compresión del ladrillo de concreto.	Carga y área de contacto.	Razón.
			Sustitución del 9% y 15% por cáscara de huevo y zeolita.	Porcentajes de sustitución de cáscara de huevo y zeolita.	6% de cáscara de huevo y 3% de zeolita del volumen del cemento. 10% de cáscara de huevo y 5% de zeolita del volumen del cemento.	Razón.
				Temperatura.	Análisis térmico diferencial.	Intervalo.
				Propiedades químicas.	Fluorescencia de rayos X.	Razón.

ANEXO N°3:
ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL DE
LOS MATERIALES



Trujillo, 22 de Julio del 2021

INFORME N° 23 - JUL 21

Solicitante: Cayán Calderón Pedro - Universidad César Vallejo
Valladares Ibáñez Julio - Universidad César Vallejo

RUC/DNI:

Supervisor:

1. MUESTRA: Cáscara de huevo (1 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CH 23M	32 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 – 1000 °C.
- Masa de muestra analizada: 32 mg.

Jefe de Laboratorio:

Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable:

Ing. Danny Chávez Novoa



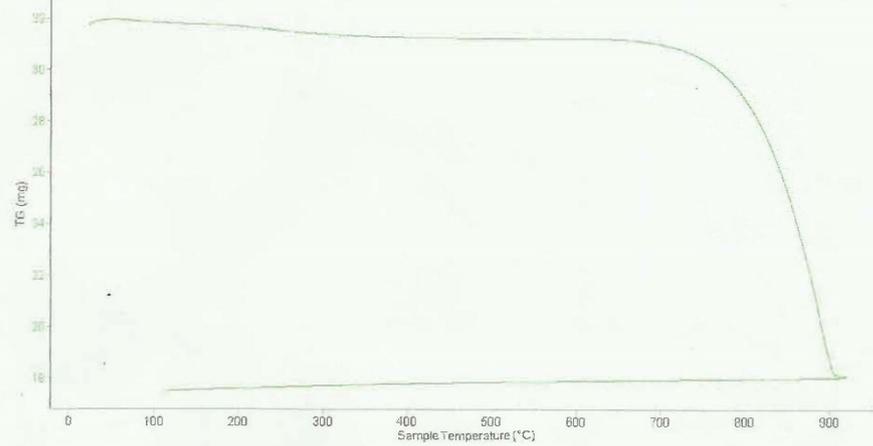


Trujillo, 22 de Julio del 2021

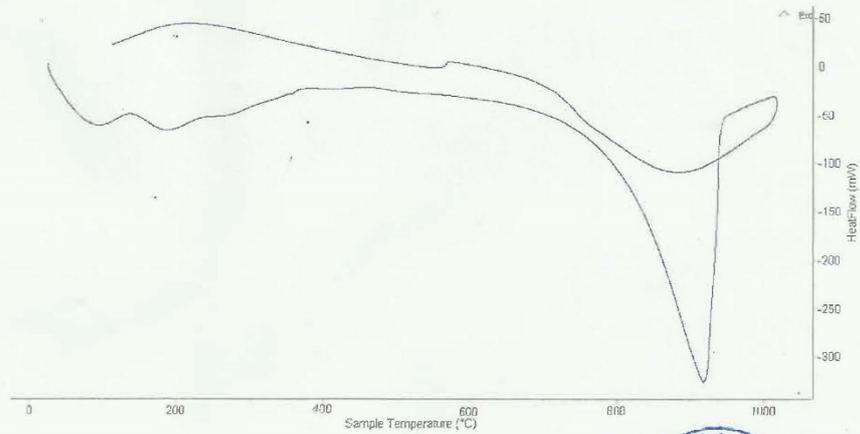
INFORME N° 23 - JUL 21

4. Resultados:

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



II- Curva Calorimétrica ATD



LABORATORIO DE POLÍMEROS DPTO. I.M.A.T.
JEFATURA
[Handwritten Signature]



Trujillo, 22 de Julio del 2021

INFORME N° 23 - JUL 21

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termogravimétrico se muestra una importante estabilidad térmica del material hasta alcanzar los 700°C después del cual el material comienza a descomponerse y como consecuencia de ello llega a perder un total de 44% de su masa inicial cuando se alcanza la máxima temperatura de ensayo.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, la curva muestra un pico de absorción térmico intenso a aproximadamente 910°C indicando un posible cambio de fase y cambio en las características del material.

Trujillo, 22 de julio del 2021



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

ANEXO N°4:
ANÁLISIS DE FLUORESCENCIA (FRXDE)
DE LOS MATERIALES



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

Informe N°14-LAQ/2021

Análisis de cáscara de huevo por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) de esta muestra de cáscara de huevo a pedido del **Bach. Cayán Calderón, Pedro** y **Bach. Valladares Ibañez, Julio**, alumnos de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis para titulación, a ser sustentada en la Universidad César Vallejo, titulada:

“Evaluación de la resistencia del ladrillo de concreto, por sustitución parcial del cemento por cáscara de huevo y zeolita, Chimbote - 2021”

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

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 6470 cts/s.

Esta técnica de FRXDE permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de 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



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

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

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 un proceso de calcinación. La suma en términos de contenido de óxidos es menor



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

que 100%. Es probable que la muestra esté constituida en parte por compuestos de Na y/o Mg, que esta técnica no puede detectar, y/o diferentes de óxidos, y/o hay una ligera deficiencia en la calibración del instrumento. Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X.

Tabla 1. Composición elemental de cáscara de huevo en % de masa.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	6.405	9.671
SiO ₂	0.099	0.150
SO ₂	0.542	0.819
ClO ₂	0.101	0.152
K ₂ O	0.071	0.108
CaO	58.585	88.463
TiO	0.013	0.161
Cr ₂ O ₃	0.004	0.006
Fe ₂ O ₃	0.033	0.050
Ni ₂ O ₃	0.001	0.002
ZnO	0.006	0.009
SrO	0.165	0.247
ZrO ₂	0.008	0.012
CdO	0.194	0,293
Total	66.296	100.00



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

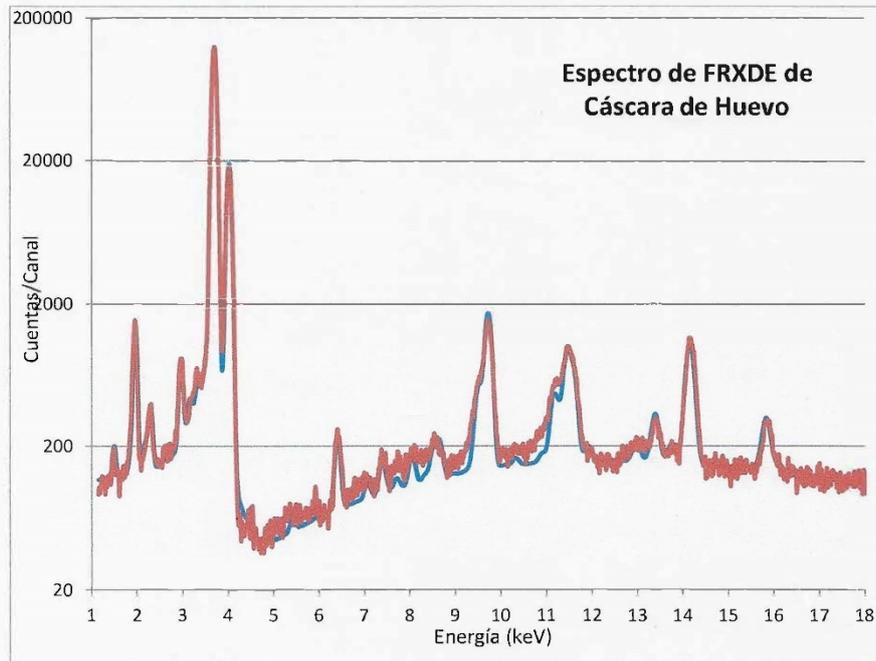


Figura 1. Espectro de FRXDE de cáscara de huevo molido en escala semi-logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 5 de agosto del 2021



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

Informe N°13-LAQ/2021

Análisis de zeolita por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) de esta muestra de cáscara de huevo a pedido del **Bach. Cayán Calderón, Pedro y Bach. Valladares Ibañez, Julio**, alumnos de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis para titulación, a ser sustentada en la Universidad César Vallejo, titulada:

“Evaluación de la resistencia del ladrillo de concreto, por sustitución parcial del cemento por cáscara de huevo y zeolita, Chimbote - 2021”

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

Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15 μ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°, distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 8380 cts/s.

Esta técnica de FRXDE permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de 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



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

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

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 un proceso de calcinación. La suma en términos de contenido de óxidos es



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

ligeramente mayor que 100%. Es probable que la muestra esté constituida en parte por compuestos diferentes de óxidos y/o hay una ligera deficiencia en la calibración del instrumento. Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X.

Tabla 1. Composición elemental de zeolita en % de masa.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	16.046	15.461
SiO ₂	34.397	33.142
P ₂ O ₃	0.291	0.291
SO ₂	0.365	0.352
ClO ₂	0.721	0.695
K ₂ O	0.592	0.570
CaO	44.114	42.504
TiO ₂	0.541	0.522
Cr ₂ O ₃	0.004	0.003
MnO	0.314	0.303
Fe ₂ O ₃	6.230	6.002
Ni ₂ O ₃	0.009	0.007
CuO	0.004	0.004
ZnO	0.050	0.048
As ₂ O ₃	0.012	0.012
SrO	0.038	0.036
ZrO ₂	0.005	0.005
La ₂ O ₃	0.054	0.052
Total	103.787	100.00



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

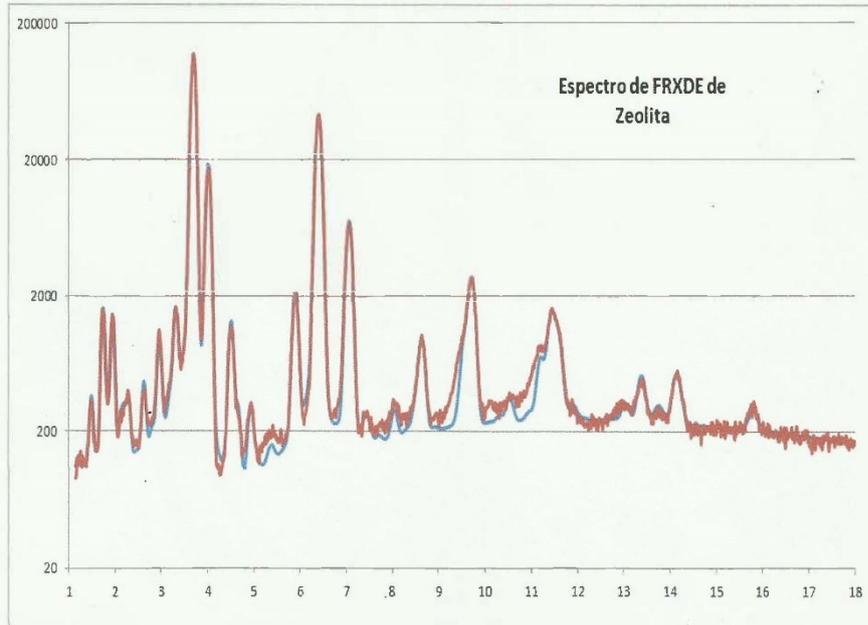


Figura 1. Espectro de FRXDE de zeolita en escala semi-logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 5 de agosto del 2021

ANEXO N°5:
ENSAYOS DEL LABORATORIO



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general – Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

TESIS : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL LADRILLO DE CONCRETO, POR SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CÁSCARA DE HUEVO Y ZEOLITA, CHIMBOTE - 2021
UBICACIÓN : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH
SOLICITA : VALLADARES IBAÑES JULIO - CAYAN CALDERON PEDRO
MUESTRA : ARENA
FECHA : AGOSTO DEL 2021

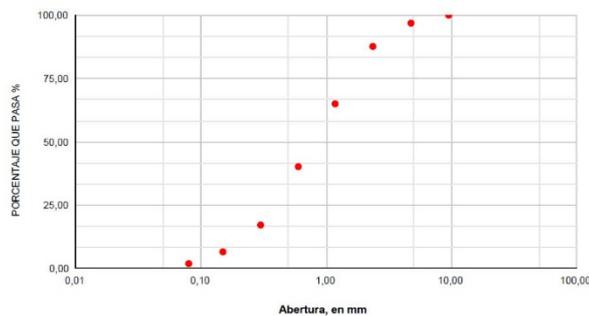
ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO FINO (ASTM C- 136-06)

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% pasa
2 1/2"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.52	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.76	46.00	3.16	3.16	96.84
Nº 8	2.36	134.00	9.20	12.36	87.64
Nº 16	1.18	329.00	22.60	34.96	65.04
Nº 30	0.60	361.00	24.79	59.75	40.25
Nº 50	0.30	335.00	23.01	82.76	17.24
Nº 100	0.15	154.00	10.58	93.34	6.66
Nº 200	0.08	68.00	4.67	98.01	1.99
< N° 200	---	29.00	1.99	100.00	0.00
TOTAL		1456.00	100.00		

PROPIEDADES FISICAS

Módulo de Fineza 2.86

ANALISIS GRANULOMETRICO



[Signature]
POL RAIN AGUILAR OLGUIN
ING. CIVIL - CIP. N° 81029
CONSULTOR - REC. C4009



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general – Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

TESIS : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL LADRILLO DE CONCRETO, POR SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CÁSCARA DE HUEVO Y ZEOLITA, CHIMBOTE - 2021
UBICACIÓN : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH
SOLICITA : VALLADARES IBAÑES JULIO - CAYAN CALDERON PEDRO
MUESTRA : CONHILLO
FECHA : AGOSTO DEL 2021

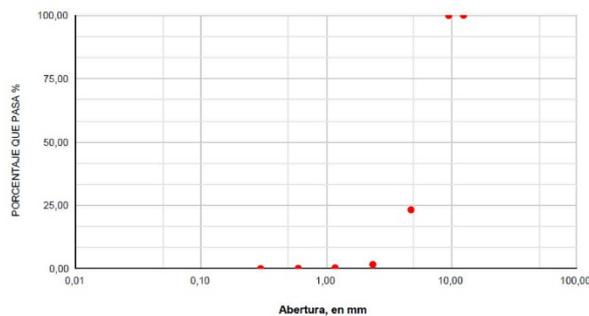
ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO GRUESO (ASTM C- 136-06)

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% pasa
2 1/2"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.52	6.00	0.10	0.10	99.90
Nº 4	4.76	4560.00	76.60	76.70	23.30
Nº 8	2.36	1284.00	21.60	98.30	1.70
Nº 16	1.18	76.00	1.30	99.60	0.40
Nº 30	0.60	14.00	0.20	99.80	0.20
Nº 50	0.30	6.00	0.10	99.90	0.10
Nº 100	0.15	3.00	0.10	100.00	0.00
Nº 200	0.08	2.00	0.00	100.00	0.00
< Nº 200	---	0.00	0.00	100.00	0.00
TOTAL		5951.00	100.00		

PROPIEDADES FISICAS

Tamaño Máximo Nominal 3/8

ANALISIS GRANULOMETRICO



[Signature]
POL RAIN AGUILAR OLGUIN
ING. CIVIL - CIP. N° 81029
CONSULTOR - REC. C4009



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

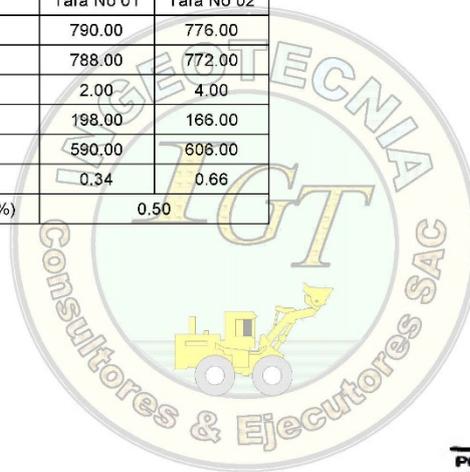
R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general – Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

TESIS : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL LADRILLO DE CONCRETO, POR SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR
CÁSCARA DE HUEVO Y ZEOLITA, CHIMBOTE - 2021
UBICACIÓN : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH
SOLICITA : VALLADARES IBAÑES JULIO - CAYAN CALDERON PEDRO
MUESTRA : ARENA
FECHA : AGOSTO DEL 2021

CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO (ASTM D-2216)

Procedimiento	Tara No 01	Tara No 02
Tara + suelo húmedo (gr)	790.00	776.00
Tara + suelo seco (gr)	788.00	772.00
Peso del agua (gr)	2.00	4.00
Peso de la tara (gr)	198.00	166.00
Peso del suelo seco (gr)	590.00	606.00
Contenido de humedad (%)	0.34	0.66
Prom. Contenido de humedad (%)	0.50	




POL RAIM AGUILAR OLGUIN
ING. CIVIL - CIP. N° 81029
CONSULTOR - REC. C4009



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

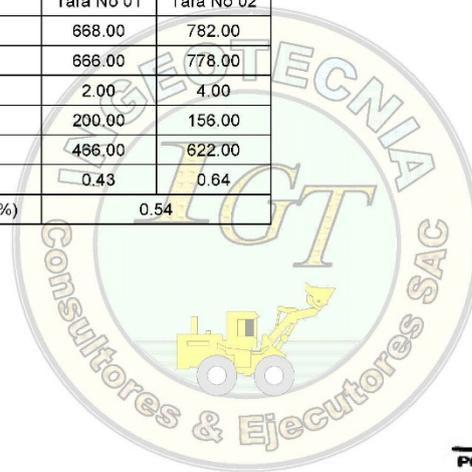
R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general – Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

TESIS : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL LADRILLO DE CONCRETO, POR SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR
CÁSCARA DE HUEVO Y ZEOLITA, CHIMBOTE - 2021
UBICACIÓN : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH
SOLICITA : VALLADARES IBAÑES JULIO - CAYAN CALDERON PEDRO
MUESTRA : CONHILLO
FECHA : AGOSTO DEL 2021

CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO (ASTM D-2216)

Procedimiento	Tara No 01	Tara No 02
Tara + suelo húmedo (gr)	668.00	782.00
Tara + suelo seco (gr)	666.00	778.00
Peso del agua (gr)	2.00	4.00
Peso de la tara (gr)	200.00	156.00
Peso del suelo seco (gr)	466.00	622.00
Contenido de humedad (%)	0.43	0.64
Prom. Contenido de humedad (%)	0.54	




POL RAIM AGUILAR OLGUIN
ING. CIVIL - CIP. N° 81029
CONSULTOR - REC. C4009



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general – Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

TESIS : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL LADRILLO DE CONCRETO, POR SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR
CÁSCARA DE HUEVO Y ZEOLITA, CHIMBOTE - 2021
UBICACIÓN : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH
SOLICITA : VALLADARES IBAÑES JULIO - CAYAN CALDERON PEDRO
MUESTRA : ARENA
FECHA : AGOSTO DEL 2021

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

PESO UNITARIO SUELTO

Procedimiento	Tara No 01	Tara No 02	Tara No 03
Peso del molde + muestra (gr)	7745.00	7712.00	7738.00
Peso del molde (gr)	3300.00	3300.00	3300.00
Peso de la muestra (gr)	4445.00	4412.00	4438.00
Volumen de molde (cm ³)	2750.00	2750.00	2750.00
Peso unitario (kg/m ³)	1616.00	1604.00	1614.00
Peso unitario promedio (kg/m ³)		1612.00	
Corregido por humedad		1604.00	

PESO UNITARIO COMPACTADO

Procedimiento	Tara No 01	Tara No 02	Tara No 03
Peso del molde + muestra (gr)	8158.00	8163.00	8132.00
Peso del molde (gr)	3300.00	3300.00	3300.00
Peso de la muestra (gr)	4858.00	4863.00	4832.00
Volumen de molde (cm ³)	2750.00	2750.00	2750.00
Peso unitario (kg/m ³)	1767.00	1768.00	1757.00
Peso unitario promedio (kg/m ³)		1764.00	
Corregido por humedad		1755.00	


POL RAIN AGUILAR OLGUIN
ING. CIVIL - CIP. N° 81029
CONSULTOR - REC. C4009



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general – Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

TESIS : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL LADRILLO DE CONCRETO, POR SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR
CÁSCARA DE HUEVO Y ZEOLITA, CHIMBOTE - 2021
UBICACIÓN : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH
SOLICITA : VALLADARES IBAÑES JULIO - CAYAN CALDERON PEDRO
MUESTRA : CONHILLO
FECHA : AGOSTO DEL 2021

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

PESO UNITARIO SUELTO

Procedimiento	Tara No 01	Tara No 02	Tara No 03
Peso del molde + muestra (gr)	6726.00	6760.00	6688.00
Peso del molde (gr)	3300.00	3300.00	3300.00
Peso de la muestra (gr)	3426.00	3460.00	3388.00
Volumen de molde (cm ³)	2750.00	2750.00	2750.00
Peso unitario (kg/m ³)	1246.00	1258.00	1232.00
Peso unitario promedio (kg/m ³)		1245.00	
Corregido por humedad		1239.00	

PESO UNITARIO COMPACTADO

Procedimiento	Tara No 01	Tara No 02	Tara No 03
Peso del molde + muestra (gr)	7250.00	7250.00	7250.00
Peso del molde (gr)	3300.00	3300.00	3300.00
Peso de la muestra (gr)	3950.00	3950.00	3950.00
Volumen de molde (cm ³)	2750.00	2750.00	2750.00
Peso unitario (kg/m ³)	1436.00	1436.00	1436.00
Peso unitario promedio (kg/m ³)		1436.00	
Corregido por humedad		1429.00	


POL RAIN AGUILAR OLGUIN
ING. CIVIL - CIP. N° 81029
CONSULTOR - REC. C4009



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general – Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

TESIS : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL LADRILLO DE CONCRETO, POR SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CÁSCARA DE HUEVO Y ZEOLITA, CHIMBOTE - 2021
UBICACIÓN : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH
SOLICITA : VALLADARES IBAÑES JULIO - CAYAN CALDERON PEDRO
MUESTRA : ARENA
FECHA : AGOSTO DEL 2021

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN AGREGADO FINO (ASTM C- 127)

Procedimiento	Tara No 01
A Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	300.00
B Peso de picnómetro + agua	652.40
C Volumen de masa + volumen de vacíos (A+B)	952.40
D Peso de picnómetro + agua + material	830.20
E Volumen de masa + volumen de vacíos (C-D)	122.20
F Peso de material seco en estufa	297.40
G Volumen de masa (E-(A-F))	119.60
H P.e. Bulk (Base Seca) F/E	2.43
I P.e. Bulk (Base Saturada) A/E	2.46
J P.e. Aparente (Base Seca) F/G	2.49
K Absorción (%) (D-A/A) x 100	0.87

P.e. Bulk (Base Seca)	2.43
P.e. Bulk (Base Saturada)	2.46
P.e. Aparente (Base Seca)	2.49
Absorción (%)	0.87


POL RAIM AGUILAR OLGUIN
ING. CIVIL - CIP. N° 81023
CONSULTOR - REG. C4009



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General - Prestación de Servicios Generales - Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general - Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

TESIS : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL LADRILLO DE CONCRETO, POR SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR
CÁSCARA DE HUEVO Y ZEOLITA, CHIMBOTE - 2021
UBICACIÓN : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH
SOLICITA : VALLADARES IBAÑES JULIO - CAYAN CALDERON PEDRO
MUESTRA : CONHILLO
FECHA : AGOSTO DEL 2021

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN AGREGADO GRUESO (ASTM C- 127)

Procedimiento		Tara No 01	Tara No 02
A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	495.00	521.00
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	313.70	316.00
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A-B)	181.30	205.00
D	Peso de material seco en estufa	475.10	481.00
E	Volumen de masa (C-(A-D))	161.40	165.00
F	P.e. Bulk (Base seca) D/C	2.62	2.35
G	P.e. Bulk (Base Saturada) A/C	2.73	2.54
H	P.e. Aparente (Base Seca) D/E	2.94	2.92
I	Absorción (%) (D-A/A) x 100	4.19	8.32

P.e. Bulk (Base Seca)	2.48
P.e. Bulk (Base Saturada)	2.64
P.e. Aparente (Base Seca)	2.93
Absorción (%)	6.26


POL RAIM AGUILAR OLGUIN
ING. CIVIL - CIP. N° 81029
CONSULTOR - REG. C4009



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

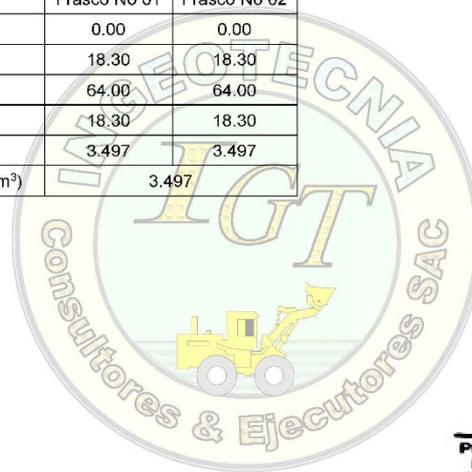
R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general – Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

TESIS : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL LADRILLO DE CONCRETO, POR SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR
CÁSCARA DE HUEVO Y ZEOLITA, CHIMBOTE - 2021
UBICACIÓN : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH
SOLICITA : VALLADARES IBAÑES JULIO - CAYAN CALDERON PEDRO
MUESTRA : 91% CEMENTO + 3% ZEOLITA + 6% CÁSCARA DE HUEVO
FECHA : AGOSTO DEL 2021

PESO ESPECIFICO (ASTM C 188, AASHTO T 133)

Procedimiento	Frasco No 01	Frasco No 02
Lectura inicial (ml)	0.00	0.00
Lectura final (ml)	18.30	18.30
Peso de muestra (gr)	64.00	64.00
Volumen desplazado (ml)	18.30	18.30
Peso especifico	3.497	3.497
Peso especifico promedio (gr/cm ³)	3.497	




POL RAIM AGUILAR OLGUIN
ING. CIVIL - CIP. N° 81023
CONSULTOR - REG. C4009



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

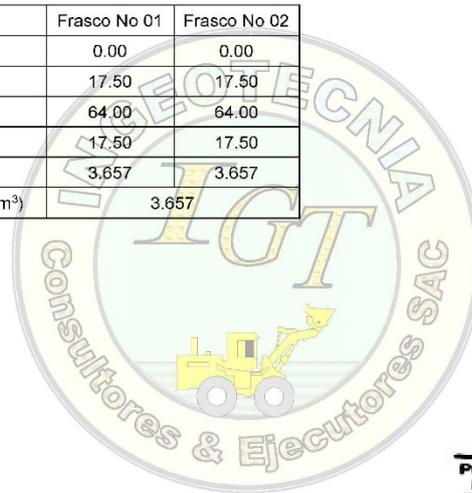
R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general – Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

TESIS : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL LADRILLO DE CONCRETO, POR SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR
CÁSCARA DE HUEVO Y ZEOLITA, CHIMBOTE - 2021
UBICACIÓN : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH
SOLICITA : VALLADARES IBAÑES JULIO - CAYAN CALDERON PEDRO
MUESTRA : 85% CEMENTO + 5% ZEOLITA + 10% CÁSCARA DE HUEVO
FECHA : AGOSTO DEL 2021

PESO ESPECIFICO (ASTM C 188, AASHTO T 133)

Procedimiento	Frasco No 01	Frasco No 02
Lectura inicial (ml)	0.00	0.00
Lectura final (ml)	17.50	17.50
Peso de muestra (gr)	64.00	64.00
Volumen desplazado (ml)	17.50	17.50
Peso específico	3.657	3.657
Peso específico promedio (gr/cm ³)	3.657	




POL RAIN AGUILAR OLGUIN
ING. CIVIL - CIP. N° 81023
CONSULTOR - REG. C4009

ANEXO N°6:
DISEÑO DE MEZCLA



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general – Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

DISEÑO DE MEZCLA $f'c = 130 \text{ Kg/cm}^2$

TESIS : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL LADRILLO DE CONCRETO, POR SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CÁSCARA DE HUEVO Y ZEOLITA, CHIMBOTE - 2021
LUGAR : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH
SOLICITA : VALLADARES IBAÑES JULIO - CAYAN CALDERON PEDRO
FECHA : AGOSTO DEL 2021

I. ESPECIFICACIONES:

1.1. La Resistencia de Diseño a los 28 días es de 130 Kg/cm^2 , se desconoce el valor de la desviación estándar.

1.2. Materiales:

1.2.1. Cemento Pacasmayo Tipo I

Peso Específico 3.13 gr/cm^3

1.2.2. Agregado Fino

Arena Gruesa de Cantera Rubén

Peso Específico 2.53 gr/cm^3

Absorción 0.87 %

Contenido de Humedad 0.50 %

Módulo de Fineza 2.86

Peso Unitario Suelto 1604 Kg/m^3

1.2.3. Agregado Grueso

Piedra Chancada de Cantera Rubén

Tamaño Máximo Nominal 3/8"

Peso Específico 2.68 gr/cm^3

Absorción 6.25 %

Contenido de Humedad 0.54 %

Peso Unitario Suelto 1239 gr/cm^3

Peso Unitario Compactado 1429 Kg/m^3

1.2.4. Agua:

Agua Potable de la zona.

II. SECUENCIA DE DISEÑO:

2.1. Selección de la Resistencia ($f'cr$):

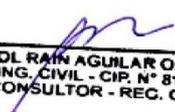
Dado que no se conoce el valor de la desviación estándar, entonces se tiene que:

$$f'cr = f'c + 70 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Entonces: } f'cr = 130 + 70 = 200 \text{ Kg/cm}^2$$

2.2. Selección del Tamaño Máximo Nominal:

El tamaño máximo nominal es de 3/8"


POL RAIM AGUILAR OLGUIN
ING. CIVIL - CIP. N° 81029
CONSULTOR - REG. C4009



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General - Prestación de Servicios Generales - Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general - Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

2.3. Selección del Asentamiento:

Por condiciones de colocación se requiere de una mezcla plástica con un asentamiento de 1" a 2".

2.4. Volumen Unitario de Agua:

Para una mezcla de concreto de 1" a 2" de asentamiento, sin aire incorporado y cuyo agregado tiene un tamaño máximo nominal de 3/8" , el volumen unitario de agua es de **207** Lt/m³.

2.5. Contenido de Aire:

Se considera **2.00** % de aire atrapado por las características de los componentes de éste concreto.

2.6. Relación Agua - Cemento:

Para una resistencia de diseño $f'_{cr} = 200$ Kg/cm² sin aire incorporado, la relación agua - cemento es de **0.83** por resistencia.

2.7. Factor Cemento:

$$207.00 / 0.83 = 249.40 \text{ Kg/m}^3 = 5.87 \text{ Bls/m}^3$$

2.8. Contenido de Agregado Grueso:

Para un módulo de fineza de **2.86** y un tamaño máximo nominal de 3/8" le corresponde un volumen unitario de grueso **0.45** m³ de agregado varillado por unidad de volumen de concreto.

$$\text{Peso del Agregado Grueso} = 0.45 \times 1429 = 750.15 \text{ Kg/m}^3$$

2.9. Cálculo de Volúmenes Absolutos:

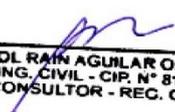
Cemento	249.40 / [3.13 x 1000]=	0.080 m ³
Agua	207.00 / [1.00 x 1000]=	0.207 m ³
Aire Atrapado	2.00 % =	0.020 m ³
Agregado Grueso	750.15 / [2.68 x 1000]=	0.240 m ³
Total	=	0.527 m ³

2.10 Contenido de Agregado Fino:

$$\begin{aligned} \text{Volumen absoluto de agregado fino} &: 1.00 - 0.527 = 0.473 \text{ m}^3 \\ \text{Peso de agregado fino seco} &: 0.473 \times 2.53 \times 1000 = 1197.64 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

2.11 Valores de Diseño:

Cemento	249.40 Kg/m ³
Agua de Diseño	207.00 Lt/m ³
Agregado Fino Seco	1197.64 Kg/m ³
Agregado Grueso Seco	643.05 Kg/m ³


POL RAIN AGUILAR OLGUIN
ING. CIVIL - CIP. N° 81023
CONSULTOR - REG. C4009



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Cíviles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General - Prestación de Servicios Generales - Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general - Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

2.12 Corrección por Humedad de los Agregados:

Agregado Fino	$1197.64 \times 1.0050 = 1203.63$	Kg/m ³
Agregado Grueso	$643.05 \times 1.0054 = 646.52$	Kg/m ³

Humedad Superficial de:

Agregado Fino	0.50	-	0.87	=	-0.37	%
Agregado Grueso	0.54	-	6.25	=	-5.71	%

Aporte de Humedad de los Agregados:

Agregado Fino	$1203.63 \times [-0.0037] = -4.43$	Lt/m ³
Agregado Grueso	$646.52 \times [-0.0571] = -37.97$	Lt/m ³

Total = -42.40 Lt/m³

Agua Efectiva $207.00 - [-42.40] = 249.40$ Lt/m³

Los pesos de los materiales ya corregidos serán:

Cemento	249.40	Kg/m ³
Agua Efectiva	174.71	Lt/m ³
Agregado Fino Húmedo	1203.63	Kg/m ³
Agregado Grueso Húmedo	646.52	Kg/m ³

2.13 Proporción en Peso Húmedo:

$249.40 / 249.40 : 1203.63 / 249.40 : 646.52 / 249.40$ 1 : 4.83 : 2.59 / 0.70

2.14 Pesos por Tanda de un Saco:

Cemento	1.00	x	42.5	=	42.50	Kg/saco
Agua Efectiva	0.70	x	42.5	=	29.75	Lt/saco
Agregado Fino Húmedo	4.83	x	42.5	=	205.28	Kg/saco
Agregado Grueso Húmedo	2.59	x	42.5	=	110.08	Kg/saco

2.15 Peso por Pie Cúbico del:

Agregado Fino Húmedo	$1197.64 \times 35.31 / 1604 = 26.36$	Kg/pie ³
Agregado Grueso Húmedo	$643.05 \times 35.31 / 1299 = 18.31$	Kg/pie ³

2.16 Dosificación en Volumen:

Cemento	5.87	/	5.87	=	1.00	pie ³
Agregado Fino Húmedo	26.36	/	5.87	=	4.49	pie ³
Agregado Grueso Húmedo	18.31	/	5.87	=	3.12	pie ³
Agua de Mezcla	174.75	/	5.87	=	29.77	Lt/bolsa

Observaciones:

Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

Se recomienda que el tamaño máximo nominal de la piedra no exceda de 3/8".

Se recomienda que se controle la trabajabilidad del concreto mediante prueba slump.


ROL RAN AGUILAR OJGUIN
ING. CIVIL - CIP. N° 81025
CONSULTOR - REC. C4009

ANEXO N°7:
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE LOS
LADRILLOS DE CONCRETO



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general – Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

TESIS : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL LADRILLO DE CONCRETO, POR SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CÁSCARA DE HUEVO Y ZEOLITA, CHIMBOTE - 2021
LUGAR : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH
SOLICITA : VALLADARES IBAÑES JULIO - CAYAN CALDERON PEDRO
FECHA : AGOSTO DEL 2021

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NORMA NTP 339.604)

N°	MUESTRA DE ENSAYO A LA RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESTRUCTURAS	AREA (Cm2)	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	RESISTENCIA DISEÑO (Kg/cm²)	EDAD DE CURADO (días)	PRESION MAXIMA (KG)	RESISTENCIA COMPRESION (Kg/cm²)	RESISTENCIA ADQUIRIDA (%)
01	LADRILLO DE CONCRETO PATRÓN 0%CH+0%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	37529	120.29	92.53
02	LADRILLO DE CONCRETO PATRÓN 0%CH+0%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	41032	131.51	101.16
03	LADRILLO DE CONCRETO PATRÓN 0%CH+0%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	43549	139.58	107.37
04	LADRILLO DE CONCRETO PATRÓN 0%CH+0%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	42698	136.85	105.27
05	LADRILLO DE CONCRETO PATRÓN 0%CH+0%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	38965	124.89	96.07
06	LADRILLO DE CONCRETO PATRÓN 0%CH+0%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	37624	120.59	92.76
07	LADRILLO DE CONCRETO PATRÓN 0%CH+0%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	42390	135.87	104.51
08	LADRILLO DE CONCRETO PATRÓN 0%CH+0%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	40178	128.78	99.06
09	LADRILLO DE CONCRETO PATRÓN 0%CH+0%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	42006	134.63	103.57
10	LADRILLO DE CONCRETO PATRÓN 0%CH+0%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	39951	128.05	98.50
11	LADRILLO DE CONCRETO PATRÓN 0%CH+0%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	36933	118.38	91.06
12	LADRILLO DE CONCRETO PATRÓN 0%CH+0%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	41469	132.91	102.24
13	LADRILLO DE CONCRETO PATRÓN 0%CH+0%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	40667	130.34	100.26
14	LADRILLO DE CONCRETO PATRÓN 0%CH+0%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	38701	124.04	95.42

Observaciones:

Las muestras fueron elaboradas y proporcionadas por el solicitante.

La descripción y fechas de vaciado de los ladrillos fueron proporcionadas por el solicitante.


POL RAIN AGUILAR OLGUIN
ING. CIVIL - CIP. N° 81029
CONSULTOR - REC. C4009



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general – Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

TESIS : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL LADRILLO DE CONCRETO, POR SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CÁSCARA DE HUEVO Y ZEOLITA, CHIMBOTE - 2021
LUGAR : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH
SOLICITA : VALLADARES IBAÑES JULIO - CAYAN CALDERON PEDRO
FECHA : AGOSTO DEL 2021

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NORMA NTP 339.604)

N°	MUESTRA DE ENSAYO A LA RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESTRUCTURAS	AREA (Cm2)	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	RESISTENCIA DISEÑO (Kg/cm ²)	EDAD DE CURADO (dias)	PRESION MAXIMA (KG)	RESISTENCIA COMPRESION (Kg/cm ²)	RESISTENCIA ADQUIRIDA (%)
01	LADRILLO DE CONCRETO EXPERIMENTAL 6%CH+3%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	41937	134.41	103.39
02	LADRILLO DE CONCRETO EXPERIMENTAL 6%CH+3%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	40228	128.94	99.18
03	LADRILLO DE CONCRETO EXPERIMENTAL 6%CH+3%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	42441	136.03	104.64
04	LADRILLO DE CONCRETO EXPERIMENTAL 6%CH+3%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	37954	121.65	93.57
05	LADRILLO DE CONCRETO EXPERIMENTAL 6%CH+3%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	42640	136.67	105.13
06	LADRILLO DE CONCRETO EXPERIMENTAL 6%CH+3%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	41387	132.65	102.04
07	LADRILLO DE CONCRETO EXPERIMENTAL 6%CH+3%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	39122	125.39	96.45
08	LADRILLO DE CONCRETO EXPERIMENTAL 6%CH+3%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	39704	127.26	97.89
09	LADRILLO DE CONCRETO EXPERIMENTAL 6%CH+3%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	40098	128.52	98.86
10	LADRILLO DE CONCRETO EXPERIMENTAL 6%CH+3%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	39334	126.07	96.98
11	LADRILLO DE CONCRETO EXPERIMENTAL 6%CH+3%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	42527	136.30	104.85
12	LADRILLO DE CONCRETO EXPERIMENTAL 6%CH+3%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	41065	131.62	101.25
13	LADRILLO DE CONCRETO EXPERIMENTAL 6%CH+3%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	41763	133.86	102.97
14	LADRILLO DE CONCRETO EXPERIMENTAL 6%CH+3%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	42875	137.42	105.71

Observaciones:

Las muestras fueron elaboradas y proporcionadas por el solicitante.
La descripción y fechas de vaciado de los ladrillos fueron proporcionadas por el solicitante.


POL RAIN AGUILAR OLGUIN
ING. CIVIL - CIP. N° 81029
CONSULTOR - REC. C4009



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general – Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

TESIS : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL LADRILLO DE CONCRETO, POR SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CÁSCARA DE HUEVO Y ZEOLITA, CHIMBOTE - 2021
LUGAR : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH
SOLICITA : VALLADARES IBAÑES JULIO - CAYAN CALDERON PEDRO
FECHA : AGOSTO DEL 2021

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NORMA NTP 339.604)

Nº	MUESTRA DE ENSAYO A LA RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESTRUCTURAS	AREA (Cm2)	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	RESISTENCIA DISEÑO (Kg/cm ²)	EDAD DE CURADO (días)	PRESION MAXIMA (KG)	RESISTENCIA COMPRESION (Kg/cm ²)	RESISTENCIA ADQUIRIDA (%)
01	LADRILLO DE CONCRETO EXPERIMENTAL 10%CH+5%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	41329	132.46	101.90
02	LADRILLO DE CONCRETO EXPERIMENTAL 10%CH+5%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	45539	145.96	112.28
03	LADRILLO DE CONCRETO EXPERIMENTAL 10%CH+5%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	40422	129.56	99.66
04	LADRILLO DE CONCRETO EXPERIMENTAL 10%CH+5%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	43394	139.08	106.99
05	LADRILLO DE CONCRETO EXPERIMENTAL 10%CH+5%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	39932	127.99	98.45
06	LADRILLO DE CONCRETO EXPERIMENTAL 10%CH+5%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	43611	139.78	107.52
07	LADRILLO DE CONCRETO EXPERIMENTAL 10%CH+5%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	39834	127.67	98.21
08	LADRILLO DE CONCRETO EXPERIMENTAL 10%CH+5%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	42518	136.28	104.83
09	LADRILLO DE CONCRETO EXPERIMENTAL 10%CH+5%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	39947	128.04	98.49
10	LADRILLO DE CONCRETO EXPERIMENTAL 10%CH+5%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	42750	137.02	105.40
11	LADRILLO DE CONCRETO EXPERIMENTAL 10%CH+5%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	44732	143.37	110.29
12	LADRILLO DE CONCRETO EXPERIMENTAL 10%CH+5%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	41067	131.63	101.25
13	LADRILLO DE CONCRETO EXPERIMENTAL 10%CH+5%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	39122	125.39	96.45
14	LADRILLO DE CONCRETO EXPERIMENTAL 10%CH+5%Z	312	24/07/2021	21/08/2021	130	28	41598	133.33	102.56

Observaciones:

Las muestras fueron elaboradas y proporcionadas por el solicitante.

La descripción y fechas de vaciado de los ladrillos fueron proporcionadas por el solicitante.


POL RAIN AGUILAR OLGUIN
ING. CIVIL - CIP. N° 81029
CONSULTOR - REC. C4009

ANEXO N°8:
PANEL FOTOGRÁFICO

Obtención de la cáscara de huevo.



Cáscara de huevo triturada.



Cáscara de huevo molida.



Cáscara de huevo en la mufla.



Cáscara de huevo calcinada.



Molienda de la cáscara de huevo con un mortero de madera.



Lavado de la roca zeolita.



Trituración de la roca zeolita.



Roca zeolita molida.



Granulometría de la arena gruesa.



Granulometría del confitillo.



Peso unitario seco y compacto de la arena gruesa.



Peso unitario seco y compacto del confitillo.



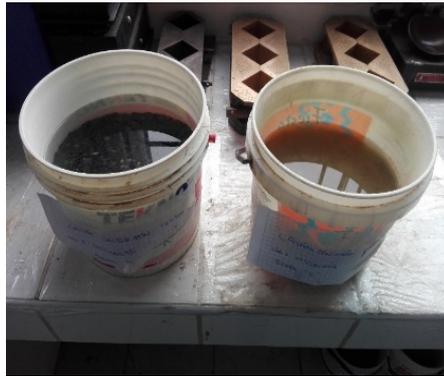
Contenido de humedad de la arena y el confitillo.



Contenido de humedad de la arena y el confitillo; en el horno.



Gravedad específica y absorción de los agregados fino y grueso; balde.



Gravedad específica y absorción del confitillo; secado.



Gravedad específica y absorción de la arena gruesa; picnómetro.



Molde para elaborar ladrillos patrones y experimentales.



Elaboración del concreto para los ladrillos patrones y experimentales.



Mezcla del cemento con el polvo de la cáscara de huevo y roca zeolita.



Elaboración del ladrillo de concreto.



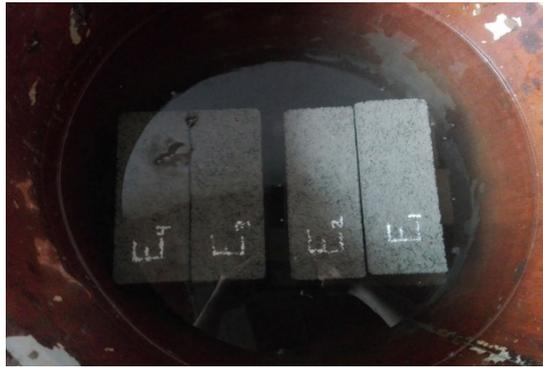
Ladrillos de concreto patrón y experimental secos.



Curado de ladrillos de concreto patrón.



Curado de ladrillos de concreto experimental.



Ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos de concreto.



Ladrillos de concreto y su fallo por rotura.

