

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Análisis de la calidad del mortero utilizando como componentes el concreto reciclado y nanosílice en las construcciones de albañilería

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR

Drayslly Marylin Diaz Herrera

ASESOR

Luis Alberto Vidal Meza

<https://orcid.org/0000-0003-1030-1272>

Chiclayo, 2024

**Análisis de la calidad del mortero utilizando como componentes el
concreto reciclado y nanosílice en las construcciones de albañilería**

PRESENTADA POR

Drayslly Marylin Diaz Herrera

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Juan Jacobo Sanchez Bautista

PRESIDENTE

Elmer Rolando Polo Briceño

SECRETARIO

Luis Alberto Vidal Meza

VOCAL

Dedicatoria

Dedico esta investigación a mi familia, cuyo amor incondicional han sido mi mayor fortaleza y motivación para seguir adelante. Su confianza y sus alientos a perseguir mis sueños me han ayudado a ser mejor cada día y no rendirme a pesar de las adversidades. Deseo destacar mi propia perseverancia y fortaleza durante este proceso. A pesar de las dificultades técnicas, como la avería de mi laptop perdiendo archivos importantes de mi tesis, mantuve mi determinación y continúe trabajando incansablemente para terminar con esta investigación. Dedico esta investigación y logro a mis padres con profundo agradecimiento y admiración.

Agradecimientos

Quiero empezar expresando mi profundo agradecimiento ante Dios y a la Virgen María, cuya presencia divina, su amorosa guía me han acompañado y motivado en cada paso de este arduo pero gratificante camino. Mis sinceros agradecimientos a los ingenieros y a mi asesor por compartir sus conocimientos a lo largo de mi carrera, y de manera especial, su apoyo en esta investigación. A mis amigos y padres por sus consejos, sacrificios, compañía en las noches en vela y madrugadas de estudio, por estar a mi lado cuando el cansancio amenazaba con vencerme y comprenderme en cada paso del camino.

TESIS

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

7%

2

tesis.usat.edu.pe

Fuente de Internet

3%

3

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

2%

4

repositorio.uss.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

oa.upm.es

Fuente de Internet

1%

Índice

Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
Revisión de literatura	14
Materiales y métodos.....	27
Resultados y discusión.....	38
Conclusiones.....	59
Recomendaciones.....	60
Referencias	61

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1 Concreto reciclado como agregado fino	18
Imagen 2 Escala de PH.....	19
Imagen 3 Límites para la arena.....	20
Imagen 4 Nanosílice en estado líquido	24
Imagen 5 Ubicación para encontrar concreto reciclado.....	33
Imagen 6 Recolección del concreto reciclado	33
Imagen 7 Chancadora-Picsi	33
Imagen 8 Chancado del Concreto reciclado	34
Imagen 9 Adherencia.....	35
Imagen 10 Resistencia en pilas.....	36
Imagen 11 Resistencia a muretes.....	36
Imagen 12 Ladrillo King Kong 30% vacío.....	37
Imagen 13 N°de ladrillos	37
Imagen 14 Muestra 1	45
Imagen 15 Muestra 2.....	46
Imagen 16 Muestra 3.....	46

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de mortero.....	17
Tabla 2 RESISTENCIAS DE ALBAÑILERÍA	23
Tabla 3 Clases de los ladrillos	25
Tabla 4 Cantidad de muestra del ladrillo a utilizar	28
Tabla 5 Cantidad de muestras.....	28
Tabla 6 Muestras	29
Tabla 7 Muestras en total.....	29
Tabla 8 Resumen de ensayos.....	31

Tabla 9 Matriz de operacionalización.....	31
Tabla 10 Dimensiones del ladrillo King Kong según ficha técnica.....	38
Tabla 11 Resultados de variación dimensional.....	38
Tabla 12 Resultados de alabeo	39
Tabla 13 Resultados de absorción al ladrillo.....	40
Tabla 14 Resultados de resistencia a la compresión del ladrillo.....	40
Tabla 15 Tipo de ladrillo a utilizar	41
Tabla 16 Resultados del ensayo de sales al concreto reciclado	42
Tabla 17 Resultado de C.H de AN	43
Tabla 18 Resultado de CH del concreto reciclado.....	43
Tabla 19 Resultado de peso específico del agregado fino	43
Tabla 20 Resultado de peso específico del concreto reciclado.....	44
Tabla 21 Resultado de P.U.S a la arena natural.....	44
Tabla 22 Resultado de P.U.C a la arena natural	44
Tabla 23 Resultado de P.U.S al concreto reciclado.....	44
Tabla 24 Resultado P.U.C al concreto reciclado	45
Tabla 25 Resultado de la prueba de fluidez a/c 0.80	47
Tabla 26 Resumen de fluidez del mortero	47
Tabla 27 Resultados del ensayo de P.U al mortero	48
Tabla 28 Resumen de R.C del mortero.....	49
Tabla 29 Resistencia del murete patrón.....	51
Tabla 30 Resistencia del murete CR30% - NS0.5%.....	52
Tabla 31 Resistencia del murete CR30% - NS0.8%.....	52
Tabla 32 Resistencia del murete CR30% - NS1%	52
Tabla 33 ACU del mortero patrón.....	54
Tabla 34 ACU del CR	54
Tabla 35 ACU del mortero CR30%- NS0.5%	55

Tabla 36 ACU del mortero CR30%- NS0.8%	55
Tabla 37 ACU del mortero CR30%- NS1%	56

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Curva granulométrica de la arena natural	41
Gráfica 2 Curva granulométrica del concreto reciclado	42
Gráfica 3 Resultados de fluidez del mortero	48
Gráfica 4 Resultados de R.C del mortero	49
Gráfica 5 Gráfica de resultados del R.C en pilas	51
Gráfica 6 Resistencia a la compresión en muretes.....	53
Gráfica 7 Resultados de adherencia.....	53

Resumen

En la presente investigación titulada Análisis de la calidad del mortero utilizando como componentes el concreto reciclado y nanosílice en las construcciones de albañilería, tiene como objetivo general analizar el mortero con la incorporación de los componentes mencionados. El estudio se realizó con la siguiente metodología, teniendo como primer paso las preparaciones de un mortero patrón y un mortero con reemplazo del 30% de la arena por CR y adición de NS en tres porcentajes, posteriormente comparando sus resultados obtenidos de los ensayos de las propiedades físicas y mecánicas. El ladrillo comercial que se utilizó para los ensayos pertenece al tipo IV. En el ensayo de resistencia a compresión y adherencia se logró el mejor resultado con un mortero CR30% y NS1% alcanzando el valor de 191.91kg/cm^2 y 6.75k g/cm^2 respectivamente. Se concluyó que al aumentar el porcentaje de nanosílice, también aumenta el porcentaje de fluidez y resistencia del mortero.

Palabras claves: mortero, concreto reciclado, nanosílice, sales, adherencia.

Abstract

In the present research entitled Analysis of the quality of the mortar using recycled concrete and nanosilica as components in masonry constructions, the general objective is to analyze the mortar with the incorporation of the mentioned components. The study was carried out with the following methodology, having as a first step the preparations of a pattern mortar and a mortar with replacement of 30% of the sand with CR and addition of NS in three percentages, subsequently comparing their results obtained from the tests of the physical and mechanical properties. The commercial brick that was used for the tests belongs to type IV. In the compressive strength and adhesion test, the best result was achieved with a CR30% and NS1% mortar, reaching the value of 191.91kg/cm² and 6.75k g/cm² respectively. It was concluded that by increasing the percentage of nanosilica, the percentage of fluidity and resistance of the mortar also increases.

Keywords: mortar, recycled concrete, nanosilica, salts, adhesion.

Introducción

Durante las últimas décadas, el uso de áridos en el mundo se ha triplicado, según el informe del Observatorio Global de la Arena, como ejemplo, en la construcción de la isla artificial de la Palmera Jumeirah en Dubai, se utilizó alrededor de 160 millones de toneladas de arena. Si la situación continua así, al seguir explotando este recurso causará una pérdida ecosistémica inevitable debido al impacto ambiental negativo. Por ello, es fundamental tener un uso razonable y necesario del recurso [1].

Asimismo, la ONU indica que más de dos tercios de la extracción de materiales en el planeta son de arena y grava. De hecho, por cada tonelada de cemento se emplea hasta siete veces más arena (Servicio Geológico de EEUU) y el Programa de Naciones Unidas advirtió que este recurso está escaso. Por esta razón, el equipo de Ingeniería de la UCO, nos dice que se debe emplear arena proveniente de materiales de construcción reciclado para la elaboración de morteros de albañilería [2].

El Consejo de Dirección de la ARC aprobó el uso del 75% de áridos reciclados y demolición para evitar la extracción de arena natural y tener múltiples ventajas. En Cataluña, 59 plantas productoras de este material reciclado, lo cual le ha sido valorado. Su evaluación es utilizar como mínimo un 5% de AR en todas las construcciones [3].

En Chile utilizan varios millones de metros cúbicos de arena anualmente, lo que no solo aumenta el riesgo de desastres naturales, sino que también contribuye a la escasez de este recurso natural. Los especialistas explican que los reciclados son áridos no naturales, ofrecen beneficios de ahorro y ambientales. Sin embargo, a pesar de la posibilidad de aprovechar este material reciclado, muchos de ellos terminan en vertederos [4].

Es decir, en lugar de dejar los escombros en basurales o botaderos, se puede reciclar para ser empleado en construcciones de obras civiles, como veredas, losas deportivas o elementos de albañilería. Estos residuos llevan un proceso para su uso, primero se tamiza, luego se tritura para finalmente evaluar su calidad antes de ser reemplazados como piedra chancada, confitillo o agregado fino. Con este reemplazo no solo se ayuda a preservar el medio ambiente, además representa una estrategia efectiva para gestionar los desechos de manera más sostenible [5].

Por otro lado, se están llevando a cabo diversos estudios sobre el uso de nanotecnologías en el ámbito de la construcción. Estas nanopartículas tienen propiedades avanzadas y específicas que pueden mejorar significativamente la resistencia mecánica. Por ejemplo, al emplear nanosílice en las mezclas, se logra una mayor eficiencia y sostenibilidad, además de reducir la agresividad ambiental [6].

Entonces, la incorporación de nanosílice en materiales a base cemento ayuda a mejorar las propiedades del material debido al efecto puzolánico y disminuyendo la permeabilidad [7]. Por este motivo, el uso de estas nanopartículas como una adición se aplica en Ingeniería Civil y otros ámbitos, obteniendo una mezcla ecológica y resistente [8].

En general, el nanosílice se utiliza en el mortero para mejorar sus características, se debe tener en cuenta la cantidad de agua adecuada en la mezcla. Será beneficioso para evitar el aumento de CO₂ cuando se produce cemento [8].

De esta manera, se da origen a la siguiente problemática de la presente investigación: ¿De qué manera influye el concreto reciclado y nanosílice en las propiedades físicas y las propiedades mecánicas del mortero?

Por tal motivo, se realizará una investigación profunda para demostrar la siguiente hipótesis: La incorporación de componentes como concreto reciclado y el uso de nanosílice mejora las propiedades físicas y mecánicas del mortero.

En esta investigación se propone soluciones a problemas planteados en la ingeniería, elaborando un mortero de albañilería utilizando nuevos materiales que mejoren sus propiedades físicas y mecánicas, además será relevante para profesionales en la construcción, los maestros de obras, albañiles y población de la ciudad de Chiclayo, donde se evitará las deficiencias en las edificaciones de albañilería.

El objetivo general es Analizar las propiedades físicas y mecánicas del mortero utilizando como componentes el concreto reciclado y nanosílice. Los objetivos específicos son: Caracterizar el concreto reciclado. Comparar los resultados obtenidos en los ensayos de las propiedades físicas del mortero patrón y el mortero con los componentes de concreto reciclado y nanosílice. Evaluar la resistencia a la compresión del mortero patrón y el mortero con adición. Realizar el ensayo de adherencia para evaluar su capacidad del mortero trabajando en conjunto con las unidades de albañilería y la unión entre sí. Estimar los costos por metro cuadrado de mortero

patrón y el mortero con adición, para determinar la mezcla óptima desde el punto de vista económico.

Revisión de literatura

Antecedentes

Al revisar la bibliografía respecto al tema del presente estudio, hemos ubicado los siguientes antecedentes:

El artículo elaborado por (Zhang, Zhang He, Yi, Tang, 2023) titulado **“Recycling fine powder collected from construction and demolition wastes as partial alternatives to cement: A comprehensive analysis on effects, mechanism, cost and Co2 emission”** Artículo de revista: Ingeniería de la Construcción en China se utilizó como alternativa parcial el polvo de CR y polvo de ladrillo de AR al cemento, evaluando su fluidez y resistencia del mortero. Se logró un mortero más ventajoso, que se tradujo en menores emisiones de CO₂, mediante la preparación de materiales cementosos con menor contenido de carbono, asegurando fluidez y resistencia garantizada, para ayudar a mitigar el impacto negativo y así reducir el costo[9].

En la tesis elaborada por (Chuye, 2023) titulada **“Estudio del comportamiento del mortero elaborado con agregado fino procedente de concreto reciclado y adición de aserrín calcinado, San José, Lambayeque”** el investigador sustituye la arena por el concreto reciclado y reemplaza el aserrín por el cemento, realizando los ensayos respectivos para verificar la calidad del mortero, el punto económico y estudio de impacto ambiental, presentando como conclusión que la dosificación óptima es un mortero con sustitución del 30% de CR y 10% de CA [10].

Tene; en su estudio titulado **“Localización y georreferenciación de los vertederos de inertes en el entorno de la ciudad de Loja”** investigan sobre los problemas medioambientales que pueden ser causados por la existencia de vertederos inertes que no tienen control y pueden traer graves consecuencias. En algunos casos, los materiales son vertidos en los riachuelos, orillas de los ríos y terrenos baldíos. Al tener conocimiento del problema existente, buscan una solución reutilizando los áridos reciclados con fines de concreto estructural, así logrando un avance para su sociedad con un desarrollo sostenible. Realizaron la trituración y cribado para obtener el AR y después realizar los ensayos correspondientes, presentando como conclusión que para tener óptimos resultados en el uso del concreto estructural se debe utilizar la mezcla de 30% AR y 70% AN [11].

Sáiz; en su tesis titulada **“Utilización de arenas procedentes de residuos de Construcción y Demolición, RCD, en la fabricación de morteros de albañilería”** para obtener el título doctoral en la Universidad Politécnica de Madrid estudian que los RCD se considera mayormente residuos inertes y por ese motivo su poder contaminante no es muy alto. Pero estos al ser depositados en vertederos en muchos casos ilegales, causará impactos negativos como el visual, debido a su ocupación grande en espacios que pueden ser destinado a otros usos. Al dar una solución para reducir el impacto ambiental se incorpora arena procedente del RCD en el mortero de cemento en la albañilería. Teniendo como resultados que las características físicas son de alta absorción y densidad. Su comportamiento mecánico, en los morteros reciclados cumple con las especificaciones de la normativa, pero el valor es inferior al mortero de referencia, además con la dosificación 1:4 es más económico siendo un 26.81% y para la dosificación 1:3 es de 24.14%[12].

En la tesis por (Achachau,2022) titulada **“Evaluación del comportamiento del agregado de concreto reciclado en morteros de asentado de muros de albañilería confinada, Huancayo – 2020”** el investigador concluye que el concreto reciclado como arena gruesa demostró ser un componente adecuado para ser utilizado en la preparación de morteros para asentar muros no portantes de albañilería, obteniendo mejores resultados, mejora la consistencia en la propiedad de estado fresco y la resistencia del mortero en estado endurecido[13].

En este artículo elaborado por (Lazo, Ruiz, Caballero, 2021) titulado **“Optimización del concreto mediante la adición de nanosílice, empleando agregados de la cantera de Añashuayco de Arequipa”** realizaron un estudio donde sus agregados que emplean son de la cantera de Añashuayco y usan nanosílice, con el fin de obtener un concreto de calidad. Se realizó un concreto patrón y otro con la adición de Nanosílice (0.6%, 0.8%, 1.0% y 1.4%), la mezcla con adición arrojó como resultado una pasta de cemento con mejores propiedades de microestructura, un aumento significativo en la resistencia y reduce la porosidad debido al tamaño de las partículas de nanosílice. Los especímenes de concreto diseñados para una resistencia de 280kg/cm² resultaron ser un 15% más económico, lo que lo hace más accesible a la población en términos de costos[14].

Cabanillas; en su investigación titulado **“Concreto de alta resistencia, utilizando Nanosílice y Superplastificante”**, se determinó un CP de alta resistencia, este concreto patrón fue diseñado para un $f'c = 500\text{kg/cm}^2$ adicionando superplastificante y nanosílice con diferentes dosificaciones, teniendo como conclusiones que el concreto con las adiciones son mejores, superando el 10% de resistencia. Además, al realizar las comparaciones del concreto patrón con

las demás dosificaciones, es notable que la resistencia aumenta con la adición de nanosílice, lo cual recomendaron que se realice dosificaciones con este aditivo inferiores al 1% [15].

En la tesis elaborada por (Yancachajlla, 2021) titulada **“Comportamiento Estructural de Muros de Albañilería con Ladrillo Artesanal y Morteros de Microsílice y Nanosílice Juliaca, Puno-2022”** para optar el título de Ingeniero Civil en la Universidad César Vallejo de Lima, se evaluó el mortero adicionando GAIA Nanosílice y Microsílice en el mortero, teniendo resultados que muestra una mejora considerable en el desempeño estructural de muros utilizando ladrillo artesanal. La adherencia tuvo resultados que están en el rango establecido basada en la NCh167 [16].

En el artículo elaborado por (Mendoza, Sierra y J. Tobón, 2016) titulado **“The mechanical properties of Portland cement mortars blended with carbon nanotubes and nanosilica: A study by experimental design”** Artículo de revista científica: DYNA en Colombia, se basó en los NWCNT combinados con las partículas de NS, donde su efecto puzolánico fue analizado en pastas de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y el efecto de las nanopartículas usando los morteros del cemento Portland para evaluar su resistencia a compresión y flexo-tracción. Teniendo como resultados que solo la nanosílice tuvo un efecto sustancial sobre la producción de CSH, además de mantener la actividad puzolánica hasta el 7° día de hidratación en las pastas de $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Los morteros con MWCNT no presentaron una demanda de SP superior a la de los de cemento simple. La NS después de 1 y 3 días de hidratación tuvo una mejor resistencia a la compresión [17].

En el artículo elaborado por (Oscorio, Dueñas, Aquino, Chero y Condemarin, 2018) titulado **“Characterization and incorporation of industrial SiO_2 nanoparticles in type 1 Portland cement”** Artículo de revista: Sociedad Química en Perú, los investigadores analizaron el tamaño de nanopartículas de dióxido de silicio en la resistencia para fabricación de morteros con muestras de cemento Portland, basándose en la norma ASTM C109. Se utilizó el siguiente método, realizando el ensayo a compresión incorporando el 4% de nanosílice al cemento [18].

Presentando como conclusiones que al incorporar un 4% será el peso óptimo para adicionar nanopartículas en cemento Portland tipo 1, porque aumentó en 20.82% a los 28 días e incrementó en un 23.93% al final de los 60 días, entonces se observó que la incorporación de estas nanopartículas en el cemento mientras más pase el tiempo dará como resultado un aumento considerable en la resistencia [18].

Bases Teóricas

MORTERO

La Norma E.070 lo define como un material que se utiliza en obras de albañilería, debe realizarse una mezcla óptima y homogénea de arena, algún aglomerante y agua, para unir vertical y horizontalmente a las unidades de albañilería [19].

CLASIFICACIÓN DE MORTEROS PARA FINES ESTRUCTURALES

Se clasifican en 2: Cuando se emplea para muros portantes es el tipo P y para emplearse en los muros no portantes de las construcciones de albañilería es el tipo NP [19].

Mortero de asentado

La mezcla utilizada en los muros portantes permite que los ladrillos puedan pegarse hasta que se endurezca, formando así un solo bloque de muros [20]. Sus proporciones garantizan la resistencia de los muros portantes de acuerdo a los estándares establecido en la norma [19].

Tabla 1 Tipos de mortero

TABLA 4 TIPOS DE MORTERO				
COMPONENTES				USOS
TIPO	CEMENTO	CAL	ARENA	
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 ½	Muros Portantes
P2	1	0 a 1/2	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros No Portantes

Fuente 1 NTP E.070

COMPONENTES DE UN MORTERO

Cemento

Es un material que tiene forma de polvo fino y cuando se combina con otros componentes crea una pasta que se utiliza en la construcción.

El cemento en el momento de mezclarse con agua, inicia un proceso que produce el endurecimiento de la mezcla y le otorga resistencia y durabilidad [21].

Agua

Este recurso debe ser potable, no contener sustancias perjudiciales, sales, ni materia orgánica [19].

Agregado fino

Es arena natural que no contiene sales, ni materia orgánica [19].

CONCRETO RECICLADO

La NTP 400.053 define como un material secundario de construcción, lo cual es procedente de la trituración del concreto de demolición hasta que sus partículas sean del tamaño del agregado [22].

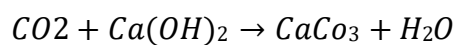
Imagen 1 Concreto reciclado como agregado fino



Fuente 2 Fuente propia

ENSAYO DE CARBONATACIÓN

La carbonatación es un proceso lento. Ocurre una reacción química cuando en el aire, el dióxido de carbono (CO₂) reacciona con el hidróxido de calcio (Ca (OH)₂) produciendo carbonato de calcio [23].



El compuesto químico de fenolftaleína se usa como indicador de PH, al ser aplicada a la muestra se cambia el color a rosa[24].

Se mide la profundidad de carbonatación en base a la reducción de alcalinidad mediante su PH [25].

Imagen 2 Escala de PH



Fuente 3 Abinco

Procedimiento

- La solución de fenolftaleína al 1% se prepara como mezcla en alcohol etílico al 90%.
- Con un frasco atomizador se rocía la solución sobre la muestra de ensayo.
- El fragmento no carbonatado cambiará de color a rosa.
- El fragmento carbonatado no cambiará de color [26].

ENSAYO DE SALES

La NTP 339.152 nos explica los pasos a seguir para calcular el contenido de sales.

Procedimiento

- Se pesa 100g de la muestra y se coloca en un frasco Erlenmeyer.
- Luego, se añade 300 ml de agua destilada al frasco, se tapa y se agita de manera mecánica por 1 hora. Después de esto, se deja reposar por otra hora para que sedimente.
- Se filtra la suspensión a través de un papel filtro en un embudo Buchner.
- Luego se coloca en una estufa de secado durante una hora y se vuelve a pesar.

$$SS = \frac{(m_2 - m_1) \times D}{E} \times 10^6$$

SS = Total de sales solubles, en ppm (mg/kg)

$(m_2 - m_1)$ = Peso del residuo de evaporación, en g.

D = Relación de la mezcla

E = Volumen de extracto acuoso evaporado, ml

GRANULOMETRÍA

La NTP 400.012 establece los criterios para evaluar la distribución de los tamaños de granos presentes en los materiales propuestos como agregado fino, con el fin de determinar su idoneidad para su uso en construcción [27].

Aparatos

- Balanza
- Tamices
- Horno

El agregado fino es utilizado para el mortero en albañilería y deberá ser graduado dentro de los siguiente:

Imagen 3 Límites para la arena

TABLA 3 GRANULOMETRÍA DE LA ARENA	
MALLA ASTM	% QUE PASA
N° 4 (4,75 mm)	100
N° 8 (2,36 mm)	95 a 100
N° 16 (1,18 mm)	70 a 100
N° 30 (0,60 mm)	40 a 75
N° 50 (0,30 mm)	10 a 35
N° 100 (0,15 mm)	2 a 15
N° 200 (0,075 mm)	Menos de 2

Fuente 4 NTP E.070

Este agregado tendrá como máximo el 50% de retenido entre dos tamices seguidos.

Procedimiento

- Se realizará el cuarteo a la muestra. Luego, se seca la muestra ($110^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ} \text{C}$).
- Posteriormente, se lava la arena para eliminar cualquier tipo de impurezas de arcilla o suciedad que tenga el material para colocarlo en el horno.

- Pasado las 24h se pesa la muestra para realizar el tamizado por las mallas que ya se ha mencionado.
- Después de tamizar, se debe pesar lo que se retiene por cada tamiz para que con ello obtengamos los datos del porcentaje que pasa y poder graficar la curva.

CONTENIDO DE HUMEDAD

Para obtener el porcentaje total del contenido de humedad (C.H) evaporable nos basaremos en los procedimientos y criterios establecidos por la NTP 339.185 [28].

Se calcula con:

$$P = \frac{W - D}{D} * 100$$

W= Peso de la muestra normal

D= Peso de la muestra seca

ABSORCIÓN Y PESO ESPECÍFICO

Se analiza el valor de la absorción de la arena y el valor del peso específico que nos indica la norma NTP 400.022 [29].

Procedimiento

- La muestra obtenida del cuarteo, se coloca en el horno (110 ° C ± 5° C).
- Se dejar reposar en agua durante 24horas.
- Luego es retirada del agua para extender el agregado fino sobre una superficie plana y mover con regularidad, garantizando un secado uniforme.
- Se coloca la muestra en el molde, se da 25 golpes suaves con la barra y se levanta verticalmente, si mantiene su forma debe seguir con el secado hasta que al quitar el molde se derrumbe la muestra.
- Se introduce una muestra de 500g al frasco, llenando el agua para alcanzar la marca de 500cm³.
- Luego agitar manualmente la fiola para desaparecer las burbujas de aire visibles.
- Colocar en el horno.
- Retirar la arena de la fiola, secar en el horno para luego determinar la masa.

PESO UNITARIO

Para este ensayo se debe basar en la NTP 400.017. En el recipiente se llena de arena en capas que estén aproximadamente iguales, por cada una se compacta 25 veces y el agregado que sobra se elimina [30].

FLUIDEZ

La NTP 334.057, se realiza este ensayo cuando se requiere un mortero que determine su relación con el porcentaje de fluidez.

Además, analiza su capacidad del mortero para extenderse y llenar espacios de manera uniforme [31].

Aparatos

- Mesa de flujo
- Molde de flujo
- Pisón
- Regla

Proceso

La mesa de flujo debe estar limpia y seca para colocar en el centro el molde de fluidez.

Colocar una capa de mezcla, compactar 20 veces utilizando el pisón.

Al llenar la segunda capa de mortero de la misma manera, se retira el exceso con un corte en una superficie plana.

Luego retirar con cuidado, para finalmente realizar un movimiento y rápidamente dejar caer 25 veces desde un alto ($12.7 \text{ mm} \pm 0.13 \text{ mm}$) en 15 segundos [31].

PESO UNITARIO DEL MORTERO

Es una propiedad física del material, donde su cantidad es masa contenida en un volumen determinado.

La mezcla obtenida del mortero en estado fresco se introduce en un recipiente, luego se pesa y se saca el volumen [32].

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 334.051 indica primero realizar la mezcla del mortero, luego en un molde de 50mm por lado se coloca la mezcla en 2 capas por apisonado del compactador.

Pasado las 24 horas, se retira los cubos y se sumerge al agua hasta el día de ensayo [33].

RESISTENCIA F'M EN PILAS

La NTP 399.605 nos dice que después de preparar la mezcla del mortero se colocará en los ladrillos y almas interiores, al asentar el ladrillo con el mortero se fabricará el prisma de altura con tres unidades y se ensayará después de los 28 días [34].

RESISTENCIA V'M EN MURETES

El murete será cuadrado con una dimensión mínima de 600mm x 600mm, se hará tres muretes iguales utilizando mortero y unidades de albañilería, pasado los 28 días se ensayará aplicando una carga en una diagonal para originar una falla [35].

Tabla 2 RESISTENCIAS DE ALBAÑILERÍA

TABLA 9 (**) RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa (kg / cm²)				
Materia Prima	Denominación	UNIDAD f_b	PILAS f_m	MURETES v_m
Arcilla	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5,1)
	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)
	Rejilla Industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
Sílice-cal	King Kong Normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)
	Dédalo	14,2 (145)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
	Estándar y mecano (*)	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
Concreto Bloque Tipo P (*)		4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)
		6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
		7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
		8,3 (85)	11,8 (120)	1,1 (10,9)

Fuente 5 NTP E070

ADHERENCIA

Es la característica primordial del mortero, su calidad es importante.

La albañilería se complementa con el mortero en su trabajo, resistiendo las cargas a los que será sometida, además, por efecto de la temperatura, absorbe esfuerzos originados por cambios climáticos [36].

NANOSÍLICE

El SiO₂ se investiga para aplicarlo en distintas industrias con diversos fines, por ejemplo, en biomedicina, se ha explorado su uso debido a su excelente biocompatibilidad y el tamaño de poro sintonizable ofrece una alta gama de investigaciones novedosas [37].

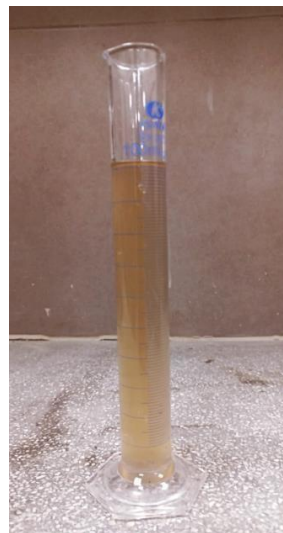
La nanosílice se presenta en estado líquido y se caracteriza por su elevada pureza, lo que facilita su conservación y su manipulación resulta más sencilla.

Sus partículas del nanosílice son en tamaño de nanómetro exhiben características únicas.

Sus propiedades de las nanopartículas de SiO₂ se aplican en el sector de construcción para materiales como el concreto, revestimientos entre otros materiales.

La nanosílice y microsílice se utilizan para materiales como el concreto mejorando su trabajabilidad, durabilidad y sus propiedades mecánicas [6].

Imagen 4 Nanosílice en estado líquido



Fuente 6 Fuente propia

ALBAÑILERÍA

También llamado mampostería, material de sistema estructural, donde sus componentes son las “unidades de albañilería”, las cuales están asentadas o adheridas entre sí con mortero [19].

ALBAÑILERÍA ESTRUCTURAL

Las construcciones diseñadas para que las cargas actuantes se transmitan desde los elementos de albañilería hasta el suelo de cimentación durante su vida útil [32].

UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

Se llama ladrillo por sus dimensiones y peso, es más fácil sostenerlo con una mano [19].

En esta investigación se utilizarán ladrillos King Kong 18 huecos, estas unidades son fabricados de arcilla moldeada y cocida, se utiliza para construcciones de muros portantes.

Tabla 3 Clases de los ladrillos

TABLA 1 CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f'_b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)

Fuente 7 NTP E.070

VARIACIÓN DIMENSIONAL

Se medirá las medidas del espécimen, su largo, el ancho y la altura de cada una [30].

ALABEO

De acuerdo a las dimensiones del espécimen, se indicará si son cóncavas o convexas.

Se seleccionará la longitud máxima desde el borde de la unidad a la varilla.

Con el uso de la regla, se mide la distancia y registrar si es cóncava o convexa [30].

ABSORCIÓN

Para obtener el porcentaje que absorbe la unidad cuando se sumerge en el agua [38].

Procedimiento

- Sumergir la unidad de albañilería en el agua limpia por el tiempo especificado.
- Retirar la unidad de albañilería y después de 5 minutos pesar. Esto se debe realizar con las demás unidades de albañilería.

$$\text{Absorción \%} = 100 (W - W_d) / W_d$$

W= Peso de la muestra saturada.

W_d= Peso de la muestra seca.

Materiales y métodos

Según Borja [39] tenemos la siguiente tipología.

Tipo de investigación

Su finalidad es de carácter aplicativo. Se utilizará conocimientos adquiridos durante la carrera y así brindar solución a un problema en específico, proporcionando soluciones prácticas y aplicables en el campo de la construcción.

De acuerdo a la metodología para demostrar la hipótesis

Este estudio se enmarca dentro de un enfoque de acuerdo a su desarrollo de tipo EXPERIMENTAL, con el objetivo de analizar cómo influye el reemplazo del 30% de la arena por concreto reciclado y adicionar nanosílice en las propiedades del mortero. Mediante la manipulación controlada de estas variables, se busca determinar si existe una mejora en dichas propiedades y poder demostrar con ello la hipótesis a través de los resultados.

Población, muestra de estudio y muestreo

Población

Para el presente estudio, la población son la elaboración del mortero en las construcciones de albañilería en Chiclayo, reemplazando el 30% de la arena por concreto reciclado y el uso de nanosílice, aplicando ensayos en sus propiedades físicas y mecánicas.

Muestreo

Son la elaboración del mortero, reemplazando el 30% de la arena por concreto reciclado y el uso de nanosílice, aplicando ensayos en sus propiedades físicas- propiedades mecánicas.

Esta investigación es una muestra no probabilística, ya que no existe y depende de la interrelación de las variables que se van a medir realizando ensayos al mortero convencional y con adición de nanosílice.

Muestra

La muestra de esta investigación es el mortero utilizando la AN de la cantera de Pátapo, CR como reemplazo del 30% de la arena y la adición del NS (0.5%, 0.8% y 1%).

Son 36 muestras cúbicos de 50mm x 50mm para determinar su R.C (7,14 y 28 días). Además, el ensayo de resistencia $F'm$ de albañilería con 3 unidades y muros de albañilería aproximadamente de 0.60 m de ancho x 0.60 m de altura.

Tabla 4 Cantidad de muestra del ladrillo a utilizar

ENSAYOS	Ladrillo King Kong					
	ALABEO	VARIACIÓN DIMENSIONAL	ABSORCIÓN	PILAS	ADHERENCIA	MURETE
M1	10	10	5	9	9	45
M2	10	10	5	9	9	45
M3	10	10	5	9	9	45
M4	10	10	5	9	9	45
	40	40	20	36	36	180
	352					

Fuente 8 Fuente propia

Cantidad de ensayos para propiedades físicas

Tabla 5 Cantidad de muestras

PROPIEDADES FÍSICAS		
ENSAYOS	Fluidez	Peso Unitario
Mortero patrón sin adición	1	1
Mortero con adición de nanosílice en un 0.5%	1	1
Mortero con adición de nanosílice en un 0.8%	1	1
Mortero con adición de nanosílice en un 1%	1	1
	4	4

Fuente 9 Fuente propia

Cantidad de ensayos para propiedades mecánicas

Tabla 6 Muestras

ENSAYOS	RESITENCIA A LA COMPRESIÓN		
	7 días	14 días	28 días
Mortero patrón sin adición	3	3	3
Mortero con adición de nanosílice en un 0.5%	3	3	3
Mortero con adición de nanosílice en un 0.8%	3	3	3
Mortero con adición de nanosílice en un 1%	3	3	3
			36

Fuente 10 Fuente propia

Tabla 7 Muestras en total

PROPIEDADES MECÁNICAS			
ENSAYOS	RESITENCIA EN MUERETE	Adherencia	RESITENCIA A PILAS
Mortero patrón sin adición	3	3	3
Mortero con adición de nanosílice en un 0.5%	3	3	3
Mortero con adición de nanosílice en un 0.8%	3	3	3
Mortero con adición de nanosílice en un 1%	3	3	3
	12	12	12
	36		

Fuente 11 Fuente propia

Se realizará 72 muestras para el mortero, de las cuales 36 es para el ensayo a compresión (3 porcentajes de adición con nanosílice y el mortero convencional).

Para los ensayos de resistencia $F'm$, adherencia y resistencia $V'm$ son 12 muestras para cada ensayo teniendo un total de 36.

Operacionalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE:

-Nanosílice

VARIABLES DEPENDIENTES:

Propiedades Físicas:

-Fluidez.

-Peso Unitario.

Propiedades Mecánicas:

-Adherencia

-Resistencia $F'b$.

-Resistencia $F'm$.

-Resistencia $V'm$.

Tabla 8 Resumen de ensayos

ENSAYO	NORMA
Granulometría	NTP 400.012
Contenido de humedad	NTP 339.185
Peso específico	NTP 400.022
Fluidez	NTP 334.057
Peso Unitario	NTP 339.046
Adherencia	NCh167
Resistencia a la compresión del mortero (f 'b)	NTP 334.051
Resistencia a la compresión de pilas (f 'm)	NORMA E.070
Resistencia a la compresión de muretes (v'm)	NORMA E.070

Fuente 12 Fuente propia

Tabla 9 Matriz de operacionalización

	VARIABLE	INDICADOR	UND. DE MEDIDA	RANGO DE APLICACIÓN	MÉTO DE MEDICIÓN
VARIABLE INDEPENDIENTE	Nanosilice	Cantidad de la muestra	ml	0.5%	Probeta graduada.
				0.8%	
				1%	
VARIABLE DEPENDIENTE	Propiedades Físicas	Fluidez	%		NTP 334.057
		Peso Unitario	Kg/m3		NTP 339.046
		Adherencia	Kg/cm2		NCh167
	Propiedades Mecánicas	Resistencia a la compresión del mortero (f 'b)	Kg/cm2		NTP 334.051
		Resistencia a la compresión de pilas (f 'm)	Kg/cm2		NORMA E.070
	Resistencia a la compresión de muretes (v'm)	Kg/cm2		NORMA E.070	
VARIABLE INTERVINIENTE	Concreto reciclado	Granulometría	%	30%	NTP 400.012
		Peso específico	gr/cm3		NTP 400.022
		Contenido de humedad	%		NTP 339.185
VARIABLE INTERVINIENTE	Tipo de ladrillo: Ladrillo King Kong 18 huecos				

Fuente 13 Fuente propia

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnicas de recolección de datos

Tiene una técnica de observación directa, recolecta datos sobre las propiedades del mortero. Con dicha técnica se registrarán detalladamente las características y comportamientos del proceso de fabricación del mortero. Así se obtendrá datos precisos, brindando información valiosa para analizar lo que sucede al incorporar NS con el reemplazo de porcentajes de CR a la arena en el mortero.

Instrumentos de recolección de datos

Obtención de la información sobre la fabricación del mortero, se empleará las normas técnicas peruanas e internacionales pertinentes, de las cuales proporcionará los lineamientos y requisitos necesarios para garantizar que el proceso de la fabricación del mortero cumpla con los estándares establecidos.

Otra opción que se utilizó fue chancar a mano, utilizando la comba y/o cernir y así obtener el material que se utilizará para el mortero.

Imagen 8 Chancado del Concreto reciclado



Fuente 17 Fuente propia

El material obtenido de los residuos de construcción se utilizó como agregado fino. En base de los antecedentes sería óptimo un reemplazo del 30% de la arena por concreto reciclado.

Primero, se verificó la existencia de sales en el CR.

Luego, se caracterizó el concreto reciclado mediante los mismos ensayos que se llevarán a cabo en la arena. Estos incluyen: Granulometría, C.H, Absorción y peso específico y P.U.

Después se hizo el diseño de mezcla, con una dosificación en 1:3, lo cual según la Norma E.070 será para un uso de muro portante, la relación agua/cemento se ajustó en base al ensayo de fluidez.

Inicialmente, se utilizó una relación a/c de 0.80, que resultó el flujo superior al límite indicado por la normativa. Se ajustó la relación a/c a 0.70, para cumplir con los porcentajes ($110\% \pm 5\%$) indicados en la NTP 399.610.

Después, se procedió con la mezcla, reemplazando el 30% de la arena por concreto reciclado y añadiendo nanosílice en tres porcentajes (0.5%; 0.8% y 1%). Esto permitió continuar con los ensayos del mortero y seguir evaluando sus propiedades físicas y mecánicas.

Con los especímenes cúbicos realizados se evaluó la resistencia f'_b del mortero convencional y el mortero con adición.

Se elaboró cubos del mortero patrón (MP) y cubos con las adiciones de NS, los resultados se calcularán a partir del promedio de las 3 muestras que se realizaron por cada adición de acuerdo al día que le toca ensayar.

Imagen Especímenes cúbicos



Fuente 18 Fuente propia

Una principal característica del mortero es su adherencia. Se realizó la adherencia a cizalle para evaluar esta propiedad.

Imagen 9 Adherencia



Fuente 19 Fuente propia

Para evaluar la resistencia en pilas, se procedió a colocar los ladrillos con una junta de 1:5, hasta formar una pila de 3 ladrillos. Este proceso se repitió tres veces utilizando el mortero patrón y luego tres veces por cada adición de NS.

Para el ensayo de muretes, se elaboró con dimensiones de 60cm x 60cm. Se esperó los 28 días para obtener resultados de resistencia axial y resistencia diagonal.

Imagen 10 Resistencia en pilas



Fuente 20 Fuente propia

Imagen 11 Resistencia a muretes



Fuente 21 Fuente propia

Además, se ensayó las unidades de la marca “LARK” y así verificar si están cumpliendo con establecido en la norma.

Imagen 12 Ladrillo King Kong 30% vacío



Fuente 22 Fuente propia

Para los ensayos de variación dimensional y alabeo se utilizó 10 muestras de ladrillos, mientras que para el ensayo de resistencia a la compresión se empleó 5 ladrillos. Estos ensayos proporcionarán información sobre el tipo de ladrillo a utilizar basándose en la norma E.070 y se tuvo en cuenta para la resistencia del mortero.

Imagen 13 N° de ladrillos



Fuente 23 Fuente propia

Resultados y discusión

Resultados del ladrillo Lark- King Kong 18 huecos.

Ensayo al ladrillo: Variación dimensional

Los valores obtenidos en la medición de las 10 muestras de ladrillo Lark- King Kong 30% vacío.

Tabla 10 Dimensiones del ladrillo King Kong según ficha técnica

Medidas del ladrillo Lark	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)
M-1	240	130.00	90.00

Fuente 24 Elaboración propia

Tabla 11 Resultados de variación dimensional

N° Muestra	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)
M-1	238.00	130.50	90.50
M-2	239.00	130.00	91.50
M-3	239.00	130.50	90.00
M-4	237.90	130.70	90.20
M-5	240.10	131.00	89.90
M-6	238.00	130.20	91.20
M-7	239.50	132.00	89.40
M-8	237.80	131.00	91.00
M-9	238.00	132.20	93.00
M-10	240.50	130.00	91.80
Promedio	238.78	130.81	90.85

Promedio	238.78	130.81	90.85
Medida especificada	240	130	90
Variación dimensional	0.51%	-0.62%	-0.94%
Desviación estándar	0.99	0.77	1.07
C.V.	0.42%	0.59%	1.18%
Tipo IV	±2	±3	±4

Ok

Ok

Ok

Fuente 25 Laboratorio de ICA - USAT

Según la ficha técnica de los ladrillos de la marca Lark, estos son calificados como tipo IV. Los valores obtenidos del ensayo realizado (Tabla 11), el porcentaje de variación dimensional está conforme con lo estipulado en la NTP E.0.70.

Ensayo al ladrillo: Alabeo

Tabla 12 Resultados de alabeo

ALABEO EN LADRILLOS				
LADRILLO KING KONG TIPO IV				
MUESTRA	CARA ARRIBA		CARA ABAJO	
	CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO
CÓDIGO	mm		mm	
M - 1	0.90	0.00	0.90	0.00
M - 2	1.10	0.00	1.20	0.00
M - 3	0.90	0.00	0.00	1.10
M - 4	0.00	0.70	0.00	1.00
M - 5	0.80	0.00	0.00	0.90
M - 6	1.10	0.00	1.00	0.00
M - 7	0.90	0.00	1.20	0.00
M - 8	1.10	0.50	0.50	0.00
M - 9	0.00	1.10	0.00	0.90
M - 10	0.00	1.00	0.80	0.00
PROMEDIO	0.68	0.33	0.56	0.39
D.EST. (%)	0.48	0.45	0.52	0.51
CV		1.38		1.30
			Concavidad	1.2
			Convexidad	0.7
			ALABEO (mm)	1.0

Fuente 26 Laboratorio de ICA- USAT

La *Tabla 12* nos muestra que el ladrillo “Lark” tiene un alabeo máximo de 1 mm, un promedio de concavidad máxima de 0.68mm y en convexo de 0.39mm.

Estos valores son menores a 4mm, por lo tanto, según la NTP E070 si corresponde al tipo IV.

Ensayo al ladrillo: Absorción

Los datos de las 5 muestras de ladrillo “Lark”:

Tabla 13 Resultados de absorción al ladrillo

Muestra N°	Descripción de la unidad	Peso Saturado (g)	Peso Seco (g)	Absorción (%)	Peso Saturado (g)	Peso Seco (g)	Absorción (%)
01	Ladrillo de king kong 30% vacios	4230.0	3800.0	11.3	4232.0	3808.4	11.1
02	Ladrillo de king kong 30% vacios	4160.0	3782.0	10.0			
03	Ladrillo de king kong 30% vacios	4290.0	3854.0	11.3			
04	Ladrillo de king kong 30% vacios	4250.0	3806.0	11.7			
05	Ladrillo de king kong 30% vacios	4230.0	3800.0	11.3			

Fuente 27 Laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental- USAT

Según la norma E070 para aceptar el ladrillo en este ensayo no debe ser mayor a 22%. En la *Tabla 13* verifica que los ladrillos tienen un resultado de 11.18% de absorción, por lo tanto, si está cumpliendo con el requisito de la norma.

Ensayo al ladrillo: Resistencia a la compresión

Tabla 14 Resultados de resistencia a la compresión del ladrillo

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	F _b (kg/cm ²)
01	Ladrillo de king kong 30% vacios	294	53859	168
02	Ladrillo de king kong 30% vacios	312	59199	174
03	Ladrillo de king kong 30% vacios	296	53212	165
04	Ladrillo de king kong 30% vacios	295	53979	168
05	Ladrillo de king kong 30% vacios	303	55581	169
Promedio (P)				169.02
Desviación estandar (σ)				3.31
Coefficiente de variación (V%)				0.02
F'b (kg/cm2)				166

Fuente 28 Laboratorio de ICA- USAT

Se presenta en la *Tabla 14* la R.C del ladrillo “LARK” con una resistencia f^b de 165.71 kg/cm², lo que indica que pertenece al tipo IV.

Tabla 15 Tipo de ladrillo a utilizar

LADRILLO KINK KONG 30% VACIO		
CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES		
ENSAYOS	UNIDAD DE MEDIDA	CLASE
Variación de las dimensiones	%	Ladrillo IV
Alabeo	mm	Ladrillo IV
Resistencia a la compresión	kg/cm ²	Ladrillo IV

Fuente 29Elaboración propia

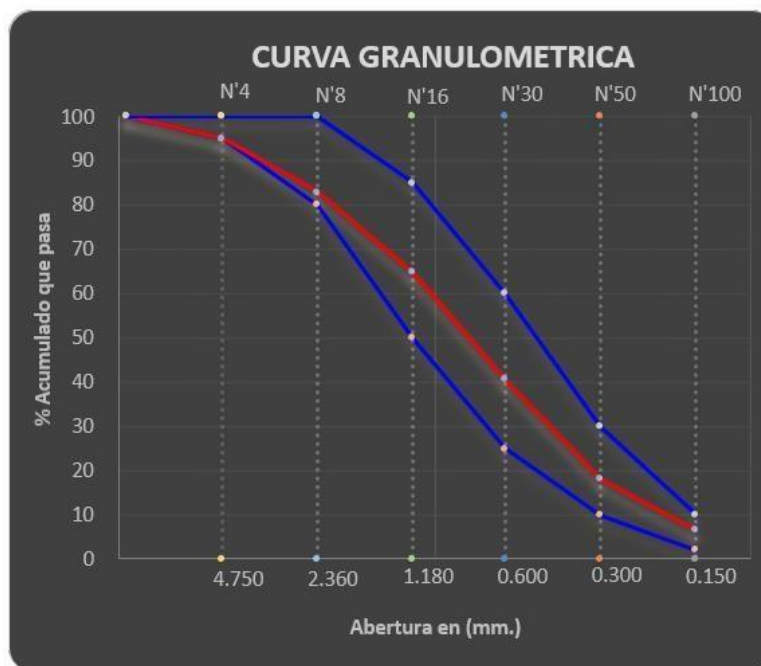
Tabla 15, los ladrillos a utilizar tienen una clase de tipo IV.

Resultados de los ensayos del agregado fino

Ensayo de granulometría de la arena

Ensayo realizado a la arena natural de la cantera La Victoria.

Gráfica 1 Curva granulométrica de la arena natural

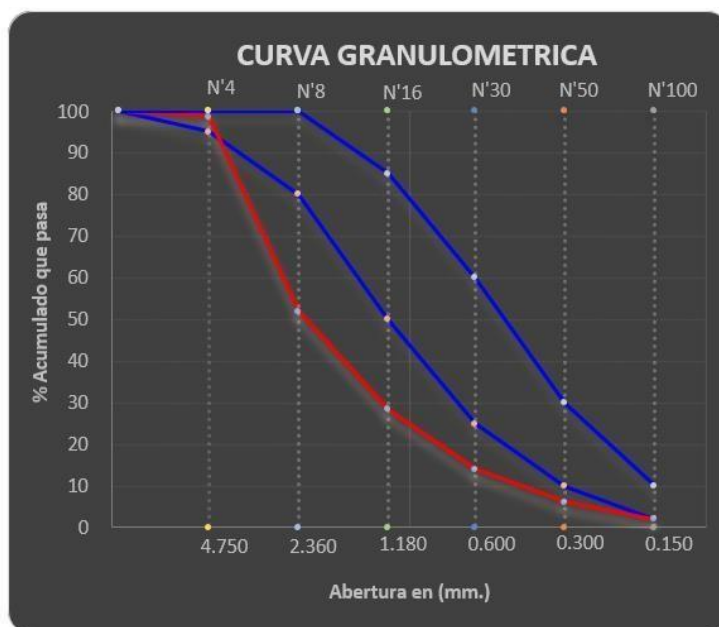


Fuente 30 Laboratorio USAT

Tabla 16, se visualiza los resultados del ensayo de Granulometría tiene menos del 50% de retenido entre dos mallas seguidas, lo cual si cumple con la norma.

Ensayo de granulometría del CR.

Gráfica 2 Curva granulométrica del concreto reciclado



Fuente 31 Laboratorio USAT

Los valores de la Tabla 17 presentan un módulo de fineza de 3.99 y se observa (Gráfica 2) que no cumple con los límites granulométricos.

Ensayo de sales

Estos son los resultados que se obtuvo del ensayo de sales al concreto reciclado.

Tabla 16 Resultados del ensayo de sales al concreto reciclado

01	Relación de la mezcla suelo - agua destilada		5	5
02	Número de beaker		1	2
03	Peso de beaker	g.	31.97	31.97
04	Peso de beaker + residuo de sales	g.	32.06	32.06
05	Peso de residuo de sales	g.	0.09	0.09
06	Volumen de la solución tomada	ml	100	100
07	Constituyentes de sales solubles totales	ppm	900	900
08	Constituyentes de sales solubles totales en peso seco	(%)	0.09	0.09
			PROMEDIO (ppm) =	900
			PROMEDIO (%) =	0.09

Fuente 32 Laboratorio de ICA- USAT

Muestra un porcentaje % de sales (*Tabla 18*) en el concreto reciclado procedente de las demoliciones de obras de construcción, es inferior al 0.1%. Esto indica una presencia mínima presencia de sales en la muestra utilizada para la mezcla del mortero, debido a las condiciones a las que el material ha estado expuesto.

Ensayo de contenido de humedad

Tabla 17 Resultado de C.H de AN

a. Peso de la muestra húmeda:	W=	1001.04	1001.04
b. Peso de la muestra seca:	D=	992.12	992.12
c. Cont. Humedad		0.90	0.90
d. Promedio			0.90

Fuente 33 Laboratorio de ICA- USAT

Tabla 18 Resultado de CH del concreto reciclado

a. Peso de la muestra húmeda:	W=	1028.93	1028.93
b. Peso de la muestra seca:	D=	1001.8	1001.8
c. Cont. Humedad		2.71	2.71
d. Promedio			2.71

Fuente 34 Laboratorio de ICA- USAT

El C.H de la arena es de 0.90% (*Tabla 19*) y del concreto reciclado es de 2.71% (*Tabla 20*).

Ensayo de peso específico y absorción

Tabla 19 Resultado de peso específico del agregado fino

A.- PESO ESPECIFICO DE LA ARENA.	$G/(H-D)$	g/cm ³	2.547	2.547	2.547
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	$G/(G-D)$	g/cm ³	2.568	2.568	2.568
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	$G/((H-D)-(H-G))$	g/cm ³	2.601	2.601	2.601
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	$((A-G)/G)*100$	%	0.813	0.813	0.81

Fuente 35 Laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental- USAT

Tabla 20 Resultado de peso específico del concreto reciclado

B.- Resultados								Promedio
A.- PESO ESPECIFICO DEL CONCRETO RECICLADO.				$G/(H-D)$	g/cm^3	2.214	2.214	2.214
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.				$G/(G-D)$	g/cm^3	2.353	2.353	2.353
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE				$G/((H-D)-(H-G))$	g/cm^3	2.573	2.573	2.573
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.				$((A-G)/G)*100$	%	6.297	6.297	6.30

Fuente 36 Laboratorio de ICA- USAT

En la *Tabla 21* el resultado obtenido del ensayo de peso específico de la arena es de 2.54 gr/cm^3 y una absorción de 0.81%, mientras que en la *Tabla 22* el peso específico al concreto reciclado es de 2.21 gr/cm^3 y su absorción de 6.30%.

Ensayo de P.U.S y P.U.C

Tabla 21 Resultado de P.U.S a la arena natural

- Peso de la muestra húmeda	8963	8960
- Volumen del molde		0.0055345
- Peso unitario suelto húmedo		1619
- PESO UNIT. SUELTO SECO		1605

Fuente 37 Laboratorio Ingeniería Civil Ambiental- USAT

Tabla 22 Resultado de P.U.C a la arena natural

- Peso de la muestra húmeda	9876	9880
- Volumen del molde		0.01
- Peso unitario suelto húmedo		1784.81
- PESO UNIT. COMPACTADO SECO		1769

Fuente 38 Laboratorio Ingeniería Civil Ambiental- USAT

Tabla 23 Resultado de P.U.S al concreto reciclado

- Peso de la muestra húmeda	7090	7110
- Volumen del molde		0.0055345
- Peso unitario suelto húmedo		1283
- PESO UNIT. SUELTO SECO		1127

Fuente 39 Laboratorio de ICA- USAT

Tabla 24 Resultado P.U.C al concreto reciclado

- Peso de la muestra húmeda	7940	7920
- Volumen del molde		0.01
- Peso unitario suelto húmedo		1432.83
- PESO UNIT. COMPACTADO SECO		1258

Fuente 40 Laboratorio de ICA- USAT

El P.U.S- P.U.C de la A.N es de 1605kg/m³- 1769kg/m³ (Tabla 23 y 24) y del concreto reciclado son 1127kg/m³ y 1258kg/m³ respectivamente (Tabla 25 y 26).

Ensayo de carbonatación

Se realizó el ensayo a tres muestras de concreto reciclado recolectadas de diferentes puntos de ubicaciones.

Imagen 14 Muestra 1



Fuente 41 Fuente propia

Imagen 15 Muestra 2



Fuente 42 Fuente propia

Imagen 16 Muestra 3



Fuente 43 Fuente propia

No se observó a simple vista un cambio significativo en la coloración de las muestras al aplicar la solución de fenolftaleína. Sin embargo, mediante una inspección más detallada, se detectó pequeños fragmentos que presentó una leve coloración rosada.

Resultados de las propiedades físicas del mortero

Ensayo de fluidez

Se realizó este ensayo obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 25 Resultado de la prueba de fluidez a/c 0.80

Muestra	Diámetro de Inicio	Diámetros	Promedio de los diámetros	% de Fluidez
PATRÓN	90	22	223	147.78
		22.7		
		22		
		22.5		

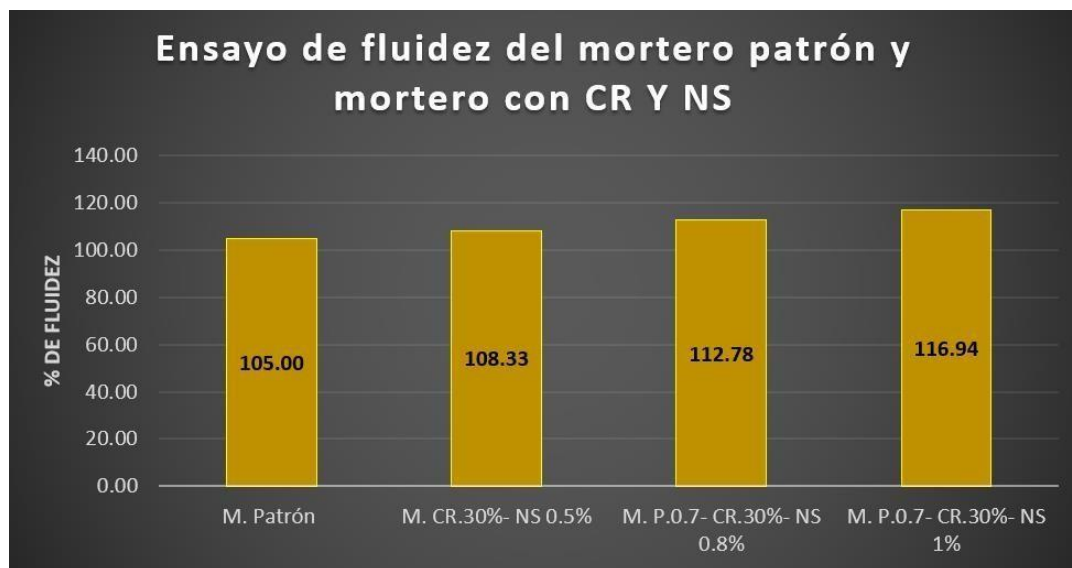
Fuente 44 Laboratorio de ICA- USAT

Tabla 26 Resumen de fluidez del mortero

Muestra	Diámetro de Inicio en mm	Diámetros	% de Fluidez
M. Patrón	90	184.50	105.00
M. CR.30%- NS 0.5%	90	187.50	108.33
M. P.0.7- CR.30%- NS 0.8%	90	191.50	112.78
M. P.0.7- CR.30%- NS 1%	90	195.25	116.94

Fuente 45 Laboratorio de ICA- USAT

Gráfica 3 Resultados de fluidez del mortero



Fuente 46 Laboratorio de ICA- USAT

El mortero patrón tiene una fluidez de 105% y los morteros con adición CR 30% - NS 0.5%, CR 30% - NS 0.8% y %, CR 30% - NS 1% obtuvieron una fluidez de 108.33%, 112.78% y 116.94% respectivamente.

Ensayo de peso unitario al mortero

Tabla 27 Resultados del ensayo de P.U al mortero

Muestra	PESO UNITARIO
Patrón	2316.64
P. CR.30%- NS 0.5%	2170.80
P. CR.30%- NS 0.8%	2347.76
P. CR.30%- NS 1%	2387.12

Fuente 47 Laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental- USAT

El MP tuvo un resultado de 2316.64kg/m³ y al reemplazar concreto reciclado en un 30% y adicionar nanosílice en un 0.5% se obtuvo un menor P.U de 2170.8kg/m³, NS 0.8% se logró un P.U de 2347.76kg/m³ y el mortero con NS 1% alcanzó un peso máximo de 2387.12kg/m³.

Resultados de las propiedades mecánicas del mortero

Ensayo de resistencia a la compresión

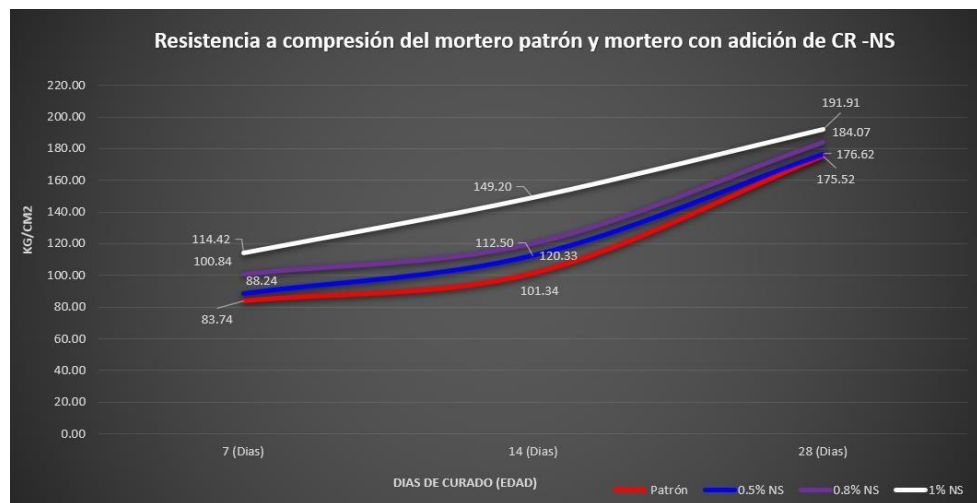
Con la elaboración de los cubos de mortero se pudo obtener los siguientes resultados:

Tabla 28 Resumen de R.C del mortero

Días de curado	Porcentaje de NS			
	Patrón	0.5% NS	0.8% NS	1% NS
7 (Días)	83.74	88.24	100.84	114.42
14 (Días)	101.34	112.50	120.33	149.20
28 (Días)	175.52	176.62	184.07	191.91

Fuente 48 Laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental- USAT

Gráfica 4 Resultados de R.C del mortero



Fuente 49 Laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental- USAT

La Gráfica 8, muestra la resistencia del MP de 175.52kg/cm² a los 28 días, cumpliendo con la resistencia mínima de 175.39kg/cm² para un mortero cemento según la norma NTP 399.610.

Ensayo de absorción en mortero

Tabla Absorción en mortero

Muestra N°	Denominación de la unidad	Peso saturado (g)	Peso Seco (g)	A (%)	Promedio
01	Patrón	310.79	273.50	13.63	13.23
02	Patrón	288.87	255.30	13.15	
03	Patrón	288.14	255.20	12.91	
04	P-CR 30%+ NS 0.5%	315.08	278.80	13.01	13.04
05	P-CR 30%+ NS 0.5%	291.99	258.40	13.00	
06	P-CR 30%+ NS 0.5%	291.73	257.90	13.12	
7	P-CR 30%+ NS 0.8%	291.09	259.80	12.04	12.27
08	P-CR 30%+ NS 0.8%	300.89	268.20	12.19	
09	P-CR 30%+ NS 0.8%	289.09	256.80	12.57	
10	P-CR 30%+ NS 1%	288.09	258.70	11.36	12.17
11	P-CR 30%+ NS 1%	287.62	255.30	12.66	
12	P-CR 30%+ NS 1%	292.81	260.30	12.49	

Fuente 50 Laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental- USAT

Se muestra los resultados del ensayo de absorción del MP con un 13.23%, el mortero con CR30% -NS 1% tiene un menor porcentaje de absorción de 12.17%.

Ensayo de compresión axial en pilas

Gráfica 5 Gráfica de resultados del R.C en pilas



Fuente 51 Laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental- USAT

En la *Gráfica 9* se visualiza los resultados del ensayo de resistencia a compresión en pilas.

Según la norma E070, un ladrillo industrial tipo IV en este ensayo como mínimo debe tener 65.28 kg/cm², se logró un mortero patrón de 91.59 kg/cm², lo cual cumple con los estándares establecidos.

Además, el mortero CR30%- NS1% logró una resistencia máxima de 148.35 kg/cm².

Ensayo de compresión diagonal en muretes

Los resultados obtenidos al ensayar 3 muretes por cada adición fueron los siguientes:

Tabla 29 Resistencia del murete patrón

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm ²)	P (N)	Vm (Mpa)	Vm (kg/cm ²)
01	Murete - Patrón	26/10/2023	23/11/2023	28	615	615	130	79950	157617	1.39	14.21
02	Murete - Patrón	26/10/2023	23/11/2023	28	615	615	130	79950	166162	1.47	14.98
03	Murete - Patrón	26/10/2023	23/11/2023	28	615	615	130	79950	162846	1.44	14.68

Fuente 52 Laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental- USAT

Tabla 30 Resistencia del murete CR30% - NS0.5%

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm ²)	P (N)	Vm (Mpa)	Vm (kg/cm ²)
01	Murete - 30% DE RC FINO + 0.5%NANOSILICE	26/10/2023	23/11/2023	28	615	615	130	79950	137428	1.22	12.39
02	Murete - 30% DE RC FINO + 0.5%NANOSILICE	26/10/2023	23/11/2023	28	615	615	130	79950	148298	1.31	13.37
03	Murete - 30% DE RC FINO + 0.5%NANOSILICE	26/10/2023	23/11/2023	28	615	615	130	79950	142863	1.26	12.88

Fuente 53 Laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental- USAT

Tabla 31 Resistencia del murete CR30% - NS0.8%

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm ²)	P (N)	Vm (Mpa)	Vm (kg/cm ²)
01	Murete - 30% DE RC FINO + 0.8%NANOSILICE	31/10/2023	28/11/2023	28	615	615	130	79950	164759	1.46	14.86
02	Murete - 30% DE RC FINO + 0.8%NANOSILICE	31/10/2023	28/11/2023	28	615	615	130	79950	163827	1.45	14.77
03	Murete - 30% DE RC FINO + 0.8%NANOSILICE	31/10/2023	28/11/2023	28	615	615	130	79950	157892	1.40	14.24

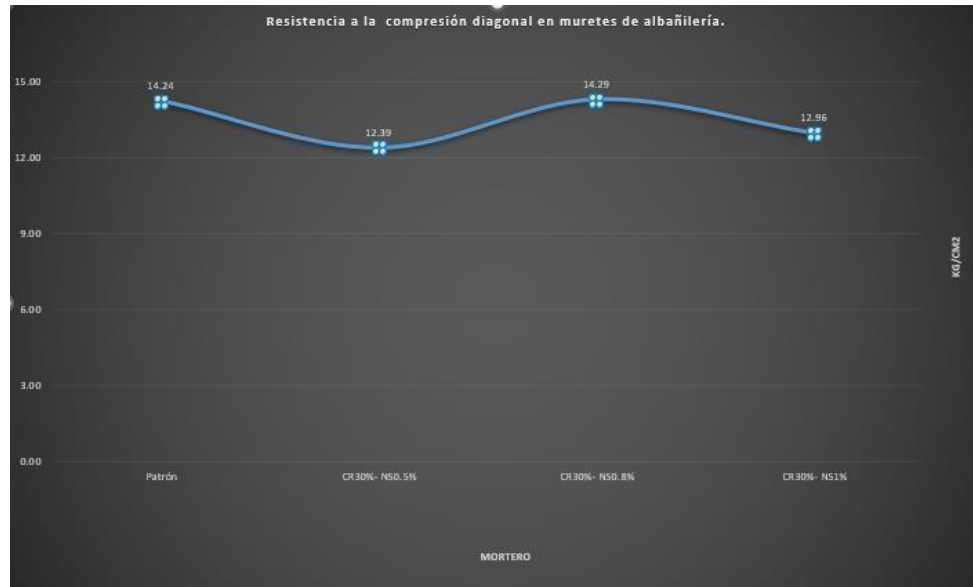
Fuente 54 Laboratorio Ingeniería Civil Ambiental- USAT

Tabla 32 Resistencia del murete CR30% - NS1%

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm ²)	P (N)	Vm (Mpa)	Vm (kg/cm ²)
01	Murete - 30% DE RC FINO + 1%NANOSILICE	31/10/2023	28/11/2023	28	615	615	130	79950	143766	1.27	12.96
02	Murete - 30% DE RC FINO + 1%NANOSILICE	31/10/2023	28/11/2023	28	615	615	130	79950	144021	1.27	12.99
03	Murete - 30% DE RC FINO + 1%NANOSILICE	31/10/2023	28/11/2023	28	615	615	130	79950	144276	1.28	13.01

Fuente 55 Laboratorio Ingeniería Civil Ambiental- USAT

Gráfica 6 Resistencia a la compresión en muretes



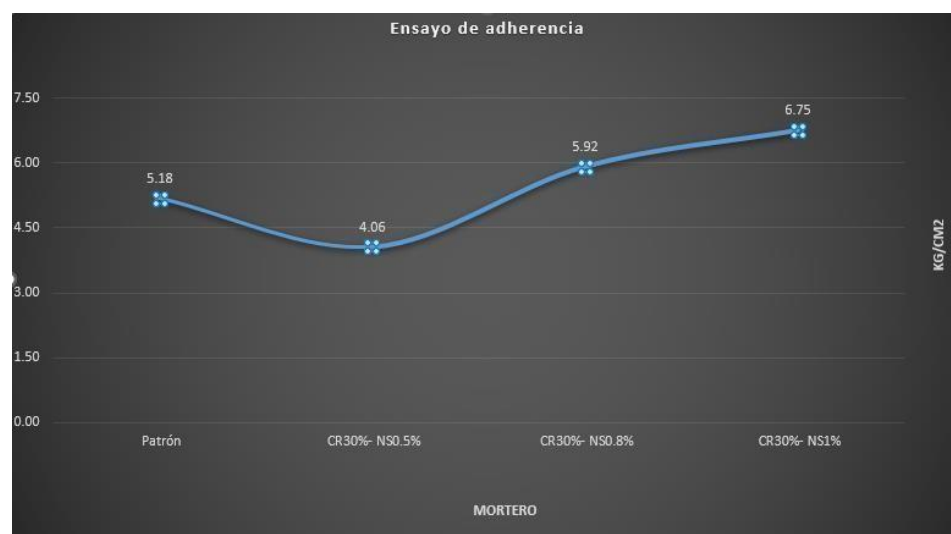
Fuente 56 Laboratorio Ingeniería Civil Ambiental- USAT

La resistencia de compresión en V'm cumple con la resistencia mínima que nos dice la norma E070 para un King Kong Industrial siendo de 8.15kg/cm².

El murete del mortero patrón tuvo un resultado de 14.24 kg/cm², la menor resistencia es de 12.39kg/cm² del mortero CR30%-NS0.5% y el mortero CR30%-NS 0.8% tuvo la mayor resistencia de 14.29kg/cm².

Ensayo de adherencia

Gráfica 7 Resultados de adherencia



Fuente 57 Laboratorio Usat

La *Tabla 10* nos muestra los resultados del ensayo de adherencia a cizalle, teniendo un MP con resistencia de 5.18kg/cm² y la mayor resistencia es del mortero CR30%-NS1% de 6.75 kg/cm².

Análisis económico del mortero

Se evalúa mediante un análisis de costos unitarios del MP y el mortero con adición (CR 30%- NS0.5%, NS0.8% Y 1%). De acuerdo a CAPECO se utiliza el rendimiento, cuadrillas, se debe tener los precios actualizados.

Los detalles del cálculo de la cantidad de ladrillo, cemento, arena, agregado fino se podrá visualizar en el *Anexo 10*. El ACU se muestra a continuación:

Tabla 33 ACU del mortero patrón

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS						
PARTIDA: MUROS DE LADRILLO KK, tipo IV, 9x13x24cm, saga, 1:3						
RENDIMIENTO: 10 m ² /día						
Jornada s h				Total S/. 93.40		
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						29.97
Operario	hh	1.00	0.7980	27.71	22.11	
Peón	hh	0.50	0.3990	19.71	7.86	
MATERIALES						51.47
Ladrillo KK 9x13x24	und		40.0000	1.10	44.00	
Cemento Portland	bls		0.2724	23.05	6.28	
Arena gruesa	m ³		0.0231	49.15	1.14	
Agua	m ³		0.0081	6.13	0.05	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						11.96
Desgaste de herramientas	% MO		3.0000	29.97	0.90	
Andamio metálico	hm	0.50	0.3990	27.71	11.06	

Fuente 58 Propio

Tabla 34 ACU del CR

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
PARTIDA: CONCRETO RECICLADO						
RENDIMIENTO: 60 kg/día						
Jornada s h				Total S/. 2.71		
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						2.63
Peón	hh	1.00	0.1333	19.71	2.63	
MATERIALES						0.00
CR	kg		0.0243	0.00	0.00	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						0.08
Desgaste de herramientas	% MO		3.0000	2.63	0.08	

Fuente 59 Propio

Tabla 35 ACU del mortero CR30%- NS0.5%

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS						
PARTIDA: MUROS DE LADRILLO KK, tipo IV, 9x13x24cm, saga, 1:3						
RENDIMIENTO: 10 m2/día						
Jornada 8 h Total S/. 93.17						
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						29.97
Operario	hh	1.00	0.7980	27.71	22.11	
Peón	hh	0.50	0.3990	19.71	7.86	
MATERIALES						51.24
Ladrillo KK 9x13x24	und		40.0000	1.10	44.00	
Cemento Portland	bls		0.2724	23.05	6.28	
Arena gruesa	m3		0.0162	49.15	0.80	
Agua	m3		0.0081	6.13	0.05	
Nanosilice	kg		0.0055	7.00	0.04	
Concreto reciclado	kg		0.0243	2.71	0.07	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						11.96
Desgaste de herramientas	% MO		3.0000	29.97	0.90	
Andamio metálico	hm	0.50	0.3990	27.71	11.06	

Fuente 60 Propio

Tabla 36 ACU del mortero CR30%- NS0.8%

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS						
PARTIDA: MUROS DE LADRILLO KK, tipo IV, 9x13x24cm, saga, 1:3						
RENDIMIENTO: 10 m2/día						
Jornada 8 h Total S/. 93.19						
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						29.97
Operario	hh	1.00	0.7980	27.71	22.11	
Peón	hh	0.50	0.3990	19.71	7.86	
MATERIALES						51.26
Ladrillo KK 9x13x24	und		40.0000	1.1000	44.00	
Cemento Portland	bls		0.2724	23.0500	6.28	
Arena gruesa	m3		0.0162	49.1500	0.80	
Agua	m3		0.0081	6.1300	0.05	
Nanosilice	kg		0.0092	7.0000	0.06	
Concreto reciclado	kg		0.0243	2.7089	0.07	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						11.96
Desgaste de herramientas	% MO		3.0000	29.97	0.90	
Andamio metálico	hm	0.50	0.3990	27.71	11.06	

Fuente 61 Propio

Tabla 37 ACU del mortero CR30%- NS1%

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS						
PARTIDA: MUROS DE LADRILLO KK, tipo IV, 9x13x24cm, sogá, 1:3						
RENDIMIENTO: 10 m2/día						
Jornada 8 h				Total S/. 93.21		
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						29.97
Operario	hh	1.00	0.7980	27.71	22.11	
Peón	hh	0.50	0.3990	19.71	7.86	
MATERIALES						51.28
Ladrillo KK 9x13x24	und		40.0000	1.1000	44.00	
Cemento Portland	bls		0.2724	23.0500	6.28	
Arena gruesa	m3		0.0162	49.1500	0.80	
Agua	m3		0.0081	6.1300	0.05	
Nanosilíce	kg		0.0115	7.0000	0.08	
Concreto reciclado	kg		0.0243	2.7089	0.07	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						11.96
Desgaste de herramientas	% MO		3.0000	29.97	0.90	
Andamio metálico	hm	0.50	0.3990	27.71	11.06	

Fuente 62 Propio

El mortero CR30%-NS0.5% tiene un costo de S/93.17, el CR30%-NS0.8% tiene un costo de S/93.19 y el mortero CR30%-NS1% un costo de S/93.21, estos resultados son menor al precio del mortero patrón que es de S/93.40.

Discusión

Con el objetivo de caracterizar el concreto reciclado, su módulo de fineza resultó en 3.99 y un 70.3% de retención entre las mallas N°08 y N°16 en el ensayo de granulometría. Según la NTP E.070, se establece que el módulo de fineza del agregado fino debe estar entre 1.6- 2.5 y no debe superar el 50% de retenido entre dos mallas consecutivas [19]. Sin embargo, Chuye (2023) registró un módulo de fineza de 4.11, con un 50.8% de retención entre las mallas consecutivas N°04 y N°08 y un 63.2% entre las mallas N 08° y N°16 [10]. Este resultado concuerda con lo que se obtuvo en esta investigación, ya que el material reciclado no cumple con la norma para el ensayo de granulometría.

Con el objetivo de comparar la propiedad física importante entre el mortero patrón y la adición, se logró una máxima fluidez de 116.94% con un mortero CR30%- NS1%. Según la NTP 399.610 los parámetros para una buena trabajabilidad son de 110% \pm 5% en el mortero [47]. En contraste, Chuye (2023) alcanzó una máxima fluidez de 148.7% con el reemplazo de 30% CR y 20% de CA [10]. Estos resultados, a pesar de utilizar diferentes adiciones para el cemento, concuerdan en el que el aumento del porcentaje de fluidez se logra utilizando un concreto reciclado en reemplazo del 30% de la arena.

Con el objetivo de analizar la resistencia a la compresión del MP y el mortero con adición, los resultados reflejaron que la resistencia máxima se presentó con el mortero CR30%-NS1%, mostrando un incremento de 9.34% con respecto al MP a los 28 días. Según Galeote, cuando se usa nanosílice aumenta la resistencia en estado endurecido debido al efecto puzolánico [6]. De manera similar, Osorio, Dueñas, Aquino, Chero y Candemarin determinó en su estudio que al incorporar SiO₂ en un 4% se produce un aumento del 20.82% a los 28 días en comparación con las muestras sin presencia de NS [18]. Estos hallazgos muestran que el efecto puzolánico de la NS desempeña un papel significativo en el aumento de resistencia de compresión, cabe resaltar que ambos estudios coinciden en el efecto positivo de la resistencia, aunque existen diferencias en los porcentajes de incremento de NS entre ellos.

Según el objetivo específico de evaluar su capacidad y su unión del ladrillo trabajando con el mortero en el ensayo de adherencia, se verifica el aumento de resistencia al utilizar un mayor porcentaje de nanosílice, siendo la adición del 1% NS la que resultó en un incremento del 30% con respecto al patrón. Según Bartolome, la adherencia es una propiedad importante del mortero

compuesto por unidades de arcilla adheridas con mortero que tenga como componente un cemento de sílice [32]. Sin embargo, Yancachajila (2021) obtuvo una resistencia mayor en el mortero MS 1.0% y Ns 2.5% con un incremento de 59.91% a los 28 días, mientras que su resultado con Ms 0.5% y Ns 1.0% aumentó 42.88% con a la muestra patrón [16]. Estos resultados presentan desacuerdos con respecto al mortero con su mayor resistencia, pero esto depende de los diferentes porcentajes que se planteó con esta investigación.

En el presupuesto se compara los precios del MP y el mortero con adición, se calculó por metro cuadrado siendo el mortero patrón con mayor precio de S/93.40 a comparación del mortero CR30%- NS 1% con un monto de S/93.21. Sin embargo, Chuye calculó que el mortero con reemplazo de 10% de CA y 30% de CR (S/325.377) es más costoso que el MP(S/213.580) [10]. Este reduce contradice a lo que se obtuvo, pero esto depende de su material de sustitución.

Conclusiones

- Se caracterizó el concreto reciclado, su módulo de finura del CR es de 3.99 y su porcentaje retenido supera el 50% entre las mallas consecutivas N°08- N°16, entonces el ensayo de granulometría del CR no estaría cumpliendo con lo indicado en la norma E.070 Albañilería.
- Se aumentó la fluidez del mortero cuando el porcentaje de nanosílice es mayor. El mortero patrón y los morteros con adición CR 30%- NS 0.5% y CR 30%- NS 0.8% cumplieron con la normativa 399.610.
- Se evaluó el ensayo de Resistencia a la Compresión, concluyendo que a mayor porcentaje de nanosílice incrementa la resistencia significativamente, el mortero CR30%- NS1% aumentó la resistencia en un 9.33% respecto al mortero patrón.
- Se realizó el ensayo de adherencia concluyendo que el mortero CR30%-NS1% obtiene una mayor resistencia de 6.75kg/cm² superando la resistencia de 5.18 kg/cm² del mortero patrón.
- Se estimó el ACU de un m² de albañilería obteniendo un precio menor en el mortero de CR30%-NS0.5% (S/93.17) en comparación al mortero patrón (S/93.49), debido que el CR reduce el costo mientras que la NS aumenta su precio de acuerdo al aumento del porcentaje.

Recomendaciones

- Para utilizar el concreto reciclado en reemplazo del agregado fino al mortero es recomendable realizar el ensayo de carbonatación con la aplicación de fenolftaleína a los bloques de concreto para que se pueda visualizar de forma uniforme las zonas no carbonatadas y así poder seleccionar el concreto reciclado que sigan manteniendo sus propiedades mecánicas y composición química inicial.
- Se recomienda que no se utilice un porcentaje mayor de reemplazo de la arena por concreto reciclado, ya que se intentó reemplazar en un 100% y la mezcla es excesivamente fluida impidiendo la trabajabilidad.
- Se recomienda utilizar la misma proporción de dosificación 1:3 realizada en esta investigación porque se obtiene mejores resultados de resistencia. Sin embargo, si se desea utilizar una proporción diferente, se aconseja ajustar la cantidad de agua o cambiar la relación a/c para que no afecte a la trabajabilidad.
- Para próximas investigaciones, se recomienda evitar la selección de un porcentaje muy bajo de nanosílice, ya que se observó que, al adicionar NS0.5%, la resistencia de pilas y muretes resultó tener resistencias inferiores al mortero patrón.
- Se recomienda en próximas investigaciones que se evalúe con un porcentaje de nanosílice mayor al 1% para analizar si las propiedades del mortero mejoran, especialmente en los ensayos de resistencia.

Referencias

- [1] J. Lillo Ramos, «LA DEMANDA DE ARENA CRECE SIN PARAR: ESTAS SON LAS CONSECUENCIAS DE SU EXTRACCIÓN MASIVA», [En línea]. Disponible en: <https://www.residuosprofesional.com/la-demanda-de-arena-crece-sin-parar-estas-son-las-consecuencias-de-su-extraccion-masiva/>
- [2] T. CARAVACA, «Arena reciclada para una construcción más sostenible», [En línea]. Disponible en: <https://www.elmundo.es/andalucia/2015/04/12/5527ee7ee2704e402d8b457e.html>
- [3] «La Agencia de Residuos de Cataluña impulsa el uso de áridos». Accedido: 25 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.residuosprofesional.com/agencia-residuos-cataluna-aridos-reciclados-construccion/>
- [4] «Nueva NCh163: disminuir pasivos ambientales y extracción de áridos naturales», País Circular. Accedido: 2 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.paiscircular.cl/economia-circular/actualizacion-de-la-nch163-un-paso-indispensable-para-disminuir-pasivos-ambientales-y-reducir-extraccion-de-aridos-naturales/>
- [5] RedacciónRPP, «Renacer de los escombros: Residuos de construcción y demolición pueden ser reusados para crear infraestructura urbana | RPP Noticias». Accedido: 2 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://rpp.pe/campanas/valor-compartido/renacer-de-los-escombros-residuos-de-construccion-y-demolicion-pueden-ser-reusados-para-crear-infraestructura-urbana-noticia-1400754>
- [6] E. G. Galoete Moreno, «Influencia de la nanosílice sobre las características de un microhormigón de ultra alta resistencia».
- [7] J. Massana^{1, *}, N. León^{2, ,} E. Sánchez^{1, ,} F. Alonso^{1, y ,} A. Morages, «Influencia de la adición de nano sílice y nano alúmina en morteros de cemento de uso agro-ganadero». *Innovar y proudcir para el futuro*, 2013. [En línea]. Disponible en: https://oa.upm.es/30002/1/INVE_MEM_2013_165686.pdf
- [8] «Adición de nano sílice en el hormigón autocompactante». Accedido: 25 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.chryso.es/news/897/adicion+de+nano+silice+en+el+hormigon+autocompactante>
- [9] H. Zhang, C. Zhang, B. He, S. Yi, y L. Tang, «Recycling fine powder collected from construction and demolition wastes as partial alternatives to cement: A comprehensive analysis on effects, mechanism, cost and CO₂ emission», *J. Build. Eng.*, vol. 71, p. 106507, jul. 2023, doi: 10.1016/j.jobbe.2023.106507.

- [10] F. O. Chuye Gastulo, «Estudio del comportamiento del mortero elaborado con agregado fino procedente de concreto reciclado y adición de aserrín calcinado, San José, Lambayeque». 2023. [En línea]. Disponible en: [file:///C:/Users/Asus/Downloads/CURSOS/TESIS/TESIS%20MORTERO/ANTECEDENTE S/TESISCR%20EN%20MORT.pdf](file:///C:/Users/Asus/Downloads/CURSOS/TESIS/TESIS%20MORTERO/ANTECEDENTE%20S/TESISCR%20EN%20MORT.pdf)
- [11] A. Tene González y Á. Ruiz Pico, «LOCALIZACIÓN Y GEORREFERENCIACIÓN DE LOS VERTEDEROS DE INERTES EN EL ENTORNO DE LA CIUDAD DE LOJA». 2016. [En línea]. Disponible en: <file:///C:/Users/Asus/Downloads/Tene%20Gonz%20C3%A1lez%20Anthony%20Augusto.pdf>
- [12] P. Sáiz Martínez, «Utilización de arenas procedentes de Residuos de Construcción y Demolición, RCD, en la fabricación de morteros de albañilería», PhD Thesis, Universidad Politécnica de Madrid, 2015. doi: 10.20868/UPM.thesis.39585.
- [13] A. G. Santiago Achachau, «Evaluación del Comportamiento del Agregado de Concreto Reciclado en Morteros de Asentado de Muros de Albañilería Confinada, Huancayo - 2020», *Repos. Inst. - UPLA*, feb. 2022, Accedido: 2 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/3386>
- [14] P. W. Caballero Arredondo, C. A. Damiani Lazo, Á. A. Ruiz Pico, P. W. Caballero Arredondo, C. A. Damiani Lazo, y Á. A. Ruiz Pico, «Optimización del concreto mediante la adición de nanosílice, empleando agregados de la cantera de añashuayco de arequipa», *Rev. Ing. Constr.*, vol. 36, n.º 1, pp. 71-87, abr. 2021, doi: 10.4067/S0718-50732021000100071.
- [15] H. Cabanillas Guillén y M. Mosqueira Moreno, «CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, UTILIZANDO NANOSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTE». 2020. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3726/TESIS%20HHCG%20-%20100%25%20Rev%201Ab.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [16] J. R. Yancachajlla Apaza, «Comportamiento estructural de muros de albañilería con ladrillo artesanal y morteros de microsílice y nanosílice Juliaca, Puno-2022». Accedido: 21 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/94813?show=full>
- [17] O. A. Mendoza-Reales, G. S. Gallego, y J. I. Tobón, «The mechanical properties of Portland cement mortars blended with carbon nanotubes and nanosilica: A study by experimental design», *DYNA*, vol. 83, n.º 198, Art. n.º 198, sep. 2016, doi: 10.15446/dyna.v83n198.55559.

- [18] A. M. Osorio Anaya, F. Dueñas Morales, P. Aquino Granados, S. Chero Osorio, y R. Condemarin Vargas, «Caracterización e incorporación de nanopartículas industriales de SiO₂ Portland tipo 1 en cemento», *Rev. Soc. Quím. Perú*, vol. 84, n.º 3, pp. 279-290, jul. 2018.
- [19] SENCICO, «NORMA E.070 ALBAÑILERÍA». 2019. [En línea]. Disponible en: <file:///C:/Users/Asus/Downloads/CURSOS/TESIS/E.070-alba-ileria-sencico.pdf>
- [20] «¿Cómo preparar el mortero del asentado? - Construyendo Seguro». Accedido: 23 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.construyendoseguro.com/como-preparar-el-mortero-del-asentado/>
- [21] «Qué es el cemento, cómo se hace y qué tipos existen», Ferrovial. Accedido: 23 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.ferrovial.com/es/recursos/cemento/>
- [22] INDECOPI, «NTP 400.053 MANEJO DE RESIDUOS DE LA ACTIVIDAD DE LA ... CONSTRUCCION. Reciclaje de concreto de demolición». 1999. [En línea]. Disponible en: file:///C:/Users/Asus/Downloads/scribd.vdownloaders.com_ntp-400-053.pdf
- [23] Alnahhas, «Carbonatación en el hormigón». 15 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.prontubeam.com/Ingenieria-en-las-redes/Carbonatacion-del-hormigon>
- [24] Laboratoriumdiscounter, «Fenolftaleína». [En línea]. Disponible en: <https://www.laboratoriumdiscounter.nl/es/quimicos/a-z/f/fenolftaleina/>
- [25] Abinco, «Carbonatación en estructuras de concreto». [En línea]. Disponible en: <https://www.abinco.com.mx/blog/carbonatacion-en-estructuras-de-concreto>
- [26] A. F. Muñoz Cuellar, «Carbonatación acelerada de agregados finos reciclados y su influencia en mezclas de mortero». 2017. [En línea]. Disponible en: <file:///C:/Users/Asus/Downloads/Mu%C3%B1oz%20Cuellar,%20Andres%20Felipe%20-%202017.pdf>
- [27] indecopi, «NTP 399.607 UNIDADES DE ALBAÑILERIA». 2003. [En línea]. Disponible en: file:///C:/Users/Asus/Downloads/scribd.vdownloaders.com_ntp-399-607-2003-albanileria-agregados-para-mortero.pdf
- [28] «NTP 339.185. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado». [En línea]. Disponible en: https://www.turnitin.com/s_class_portfolio.asp?aid=33700&cid=39281693&lang=en_us&session-id=fd2b28134682423aaa65b517edcbd409
- [29] INDECOPI, «NTP 400.022. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.» 2013. [En línea]. Disponible en:

file:///C:/Users/Asus/Downloads/CURSOS/TESIS/TESIS%20MORTERO/normativa%20tesis/densidad%20y%20peso%20especifico/NTP%20400.022%202013.pdf

[30] «NTP 399.613. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería». [En línea]. Disponible en:

file:///C:/Users/Asus/Downloads/CURSOS/TESIS/TESIS%20MORTERO/normativa%20tesis/Ladrillo/399-613%20Alabeo,%20absorcion,%20res.compre.pdf

[31] INACAL, «NTP 334.057 Método de ensayo para determinar la fluidez de morteros de cemento Pórtland». 2011.

[32] A. SAN BARTOLOME, *CONSTRUCCIONES DE ALBAÑILERIA-Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural*, Octubre de 1994. Perú. [En línea]. Disponible en: file:///C:/Users/Asus/Downloads/constr_albanileria.pdf

[33] INACAL, «NTP 334.051 CEMENTOS. Determinación de la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado. Método de ensayo». 2022.

[34] indecopi, «NTP 399.605 UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería». 2013. [En línea]. Disponible en: file:///C:/Users/Asus/Downloads/CURSOS/TESIS/TESIS%20MORTERO/normativa%20tesis/RESIS.%20PILAS%20DE%20LADRILLOS/605/ntp%20399.605.pdf

[35] indecopi, «NTP 399.621 UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería». 2004. [En línea]. Disponible en: file:///C:/Users/Asus/Downloads/CURSOS/TESIS/TESIS%20MORTERO/normativa%20tesis/RESIS.%20PILAS%20DE%20LADRILLOS/621/dokumen.tips_ntp-399621-1pdf.pdf

[36] H. C. Gallegos CASABONNE, *ALBAÑILERIA ESTRUCTURAL*, Tercera. Perú, 2005. [En línea]. Disponible en: file:///C:/Users/Asus/Downloads/ALBA%20C3%91ILERIA%20ESTRUCTURAL%20-%202%20OCR.pdf

[37] «Desaglomeración ultrasónica de nanopartículas de sílice». Accedido: 23 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.hielscher.com/es/ultrasonic-deagglomeration-of-silica-nanoparticles.htm>

[38] INDECOPI, «NTP 399.604». 2002. [En línea]. Disponible en: https://kupdf.net/download/norma-tecnica-peruana-ntp-399604-2002_59efca8908bbc537369d180e_pdf

- [39] M. B. Suárez, «Metodología de Investigación Científica para ingeniería Civil», Accedido: 19 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.academia.edu/33692697/Metodolog%C3%ADa_de_Investigaci%C3%B3n_Cient%C3%ADfica_para_ingenier%C3%ADa_Civil
- [40] petroperu, «Miles de Barriles por Día - [PDF Document]», vdocumento.com. Accedido: 26 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://vdocumento.com/miles-de-barriles-por-dia.html>
- [41] E. Sanchez Medina, «Análisis de resistencia a compresión en adoquines de concreto tipo I adicionando residuos de baldosas cerámicas en diferentes porcentajes». 2023. [En línea]. Disponible en: https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/6793/1/TL_SanchezMedinaEdwin.pdf
- [42] M. Baca Zans y R. M. Yezpez Fuentes, «Análisis comparativo de las propiedades físico - mecánicas de un mortero patrón; y un mortero sustituyendo el peso del agregado con caucho reciclado en porcentajes de 7%, 10% y 13% - Cusco 2021», may 2022, Accedido: 26 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/4849>
- [43] «El Estado de La Biodiversidad para La Alimentacion y La Agricultura en Peru PDF | PDF | Clima | Andes». Accedido: 26 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/439679389/EL-ESTADO-DE-LA-BIODIVERSIDAD-PARA-LA-ALIMENTACION-Y-LA-AGRICULTURA-EN-PERU-pdf>
- [44] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, «INFORME DE EVALUACIÓN DEL RIESGO ORIGINADOS POR INUNDACIÓN PLUVIAL». 2024. [En línea]. Disponible en: https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//7453_informe-de-evaluacion-del-riesgo-originados-por-erosion-pluvial-en-el-sector-1-del-distrito-de-motupe-provincia-y-departamento-de-lambayeque.pdf
- [45] EPSEL, «Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento de Lambayeque». Accedido: 23 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.epsel.com.pe/sue/PortalAguaPotable>
- [46] M.-L. E. Yván, S.-D. Elver, S.-C. K. Joel, C.-P. A. Nicole, B.-M. A. Elizabeth, y O. G. Segundo, «Diagnóstico del comportamiento de arcillas en el distrito de Chiclayo, departamento de Lambayeque», *Glob. Chall.*
- [47] INDECOPI, «NTP 399.610 UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Especificación normalizada para morteros». 1era Edición, 2023. [En línea]. Disponible en:

fe:///C:/Users/Asus/Downloads/scribd.vdownloaders.com_ntp-339-046-peso-unitario-y-
rendimiento-pdf.pdf