TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

"Uso de ladrillo reciclado como sustituto parcial del agregado fino adicionando 15%, 20% y 25% con superplastificante para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c=210 kg/cm², ladrillera de Huachipa - Lima"

Tesis para optar el Título profesional de:

Ingeniero Civil

Presentado por:

Keyla Mishell Calle Montalván (0009-0009-5675-6855)

Asesora:

Ing. Violeta Quevedo Porras (0000-0002-8549-5115)

Lima-Perú

2025

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

ANEXO 19: ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 10 de setiembre de 2026

Los integrantes del jurado de tesis
Presidente: Dr. Ing. Anwar Julio Yarin Achachagua
Miembro: Mag. Ing. Gregorio Villacorta Alegría
Miembro: Mag. Ing. Henrry Ccatamayo Barrios

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

USO DE LADRILLO RECICLADO COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO ADICIONANDO 15%, 20% Y 25% CON SUPERPLASTIFICANTE PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F´C=210 KG/CM2, LADRILLERA DE HUACHIPA - LIMA,
con el código de registro **PRE-112-2025-00824**

Presentada por el estudiante o egresado/bachiller:
- Keyla Mishell Calle Montalván

Para optar el Título Profesional de INGENIERO CIVIL

Asesorado por: Mag. Ing. Violeta Quevedo Porras

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño de los estudiante o egresados de la carrera de Ingeniería Civil en la sustentación, concluyen de manera unánime (X) por mayoría simple ( ) calificar a:

Tesista: Keyla Mishell Calle Montalván			Nota (en letras): Diecisiete
Aprobado ( )	Aprobado - Muy buena (X)	Aprobado - Sobresaliente ( )	Desaprobado ( )

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.

Dr. Ing. Anwar Julio Yarin Achachagua Presidente(a) del Jurado	Mag. Ing. Violeta Quevedo Porras Asesor(a)
Mag. Ing. Gregorio Villacorta Alegría Miembro del Jurado	Mag. Ing. Henrry Ccatamayo Barrios Miembro del Jurado

ANEXO: FORMATO DE DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DEL INFORME FINAL DE TESIS / TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (versión 2.0) [1]

Lima, 15 de setiembre del 2026

Señor, Dr. Percy Mayta Tristán
Vicerrector de Investigación
Universidad Científica del Sur
Presente. –

De nuestra consideración,

Los abajo firmantes – Keyla Mishell Calle Montalván, estudiante/egresado del Programa académico de Facultad de Ciencias de la Ingeniería carrera profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Científica del Sur, y el asesor/la asesora de tesis Mag. Ing. Violeta Zarela Quevedo Porras – declaramos que este informe final de tesis/trabajo de investigación titulado "Uso de ladrillo reciclado como sustituto del agregado fino adicionando 15%, 20% y 25% con superplastificante para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c=210 kg/cm², ladrillera de Huachipa – Lima", que presentamos para optar el título profesional/grado académico de [nombre], es original.

En consecuencia, declaramos que el informe no contiene plagio ni total ni parcial; que, cuando se utilizó información de fuentes externas, se reconoció su autoría mediante la citación correspondiente; y que los resultados obtenidos son producto íntegro de nuestra investigación y no han sido falseados ni fabricados. Todo ello en cumplimiento del Código de ética en la Investigación, Reglamento de Disciplina de Pregrado y Posgrado, Reglamento de Propiedad Intelectual, Normas y procedimientos de los trabajos de investigación para la obtención de títulos profesionales y grados académicos [2], que afirmamos conocer en su totalidad.

Declaramos, además, que no se han utilizado herramientas de inteligencia artificial (IA) generativa, de forma parcial ni total, en ninguna fase del desarrollo de la investigación ni en la redacción del informe final de tesis/trabajo de investigación. Sí declaro haber utilizado herramientas de IA no generativa para [describir el uso específico: p. e., corrección ortográfica y de estilo, gestión de referencias, traducción, etc.], conforme a la normativa de la Universidad [3]. Todo el material ha sido revisado por el auto, quien(es) asume(n) la responsabilidad de su contenido.

Por ello, en caso de identificarse alguna situación de plagio, falsificación o fabricación de resultados, uso indebido de IA generativa o uso no declarado de IA, nos sometemos al proceso de investigación que establezca la Universidad y aceptamos las sanciones que pudieran corresponder. También declaramos conocer las normativas institucionales que regulan las sanciones aplicables en estos casos, incluido el de la compra y venta de tesis.

Firmamos en conformidad con lo declarado,



Firma tesista
DNI:



Firma del asesor de tesis
DNI:70756994

[1] En conformidad con la Resolución del Consejo Directivo N° 084-2022-SUNEDU/CD
[2] Los documentos están en: https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/3652
[3] LEA CUIDADOSAMENTE la política de uso de inteligencia artificial generativa de la Universidad antes de completar este documento.

INFORME DE REVISIÓN DE ORIGINALIDAD

Título del documento evaluado. Uso de ladrillo reciclado como sustituto parcial del agregado fino adicionando 15%, 20% y 25% con superplastificante para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c=210 kg/cm², ladrillera de Huachipa - Lima.

Autores. Keyla Mishell Calle Montalván.

Mecanismo de revisión de originalidad. Evaluación con Turnitin (ID 3086992342).

Código de registro. PRE-112-2025-00824.

Resultado de la evaluación. 9%.

Revisado por. Jorge André Layza Diaz.

Comentarios sobre la revisión. Filtros usados: excluir fuentes de menos de 12 palabras.

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%	8%	2%	5%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
2	unacemcantera.com.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	<1%
4	repository.unipiloto.edu.co Fuente de Internet	<1%
5	Submitted to uncedu Trabajo del estudiante	<1%
6	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1%
7	www.indecopi.gob.pe Fuente de Internet	<1%
8	idoc.pub Fuente de Internet	<1%
9	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1%
10	conferencias.saludcyt.ar Fuente de Internet	<1%
11	pdfcoffee.com Fuente de Internet	<1%

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

DEDICATORIA

A Dios, por concederme la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia para culminar esta etapa.

A mi madre, Jesús Montalván, por su amor y apoyo incondicional. Su amor, sacrificio y enseñanzas son una inspiración en mi vida. Gracias por ser mi pilar en todo momento.

A mi padre, Arsenio Calle, por su confianza y por ayudar a forjar mi carácter. Gracias por tus valiosas lecciones.

A mis hermanos y hermanas, por su compañía y su aliento constante. Gracias por sus valiosos consejos.

A mis sobrinos Axel, Ivana y Alondra, por ser una fuente de alegría en mi vida.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Científica del Sur por brindarme una formación académica integral y las herramientas necesarias para mi desarrollo profesional, las cuales han sido fundamentales para la realización de esta tesis.

Expreso mi especial agradecimiento a mi asesora de tesis, Ing. Violeta Quevedo Porras, por su acompañamiento constante, orientación, paciencia y valioso asesoramiento durante todo este proceso. Su guía y compromiso fueron clave para culminar este trabajo.

Asimismo, agradezco a los docentes que formaron parte de mi formación y de este proceso de investigación, por compartir sus conocimientos, exigencia académica y apoyo, los cuales contribuyeron significativamente a mi aprendizaje.

Finalmente, agradezco a mis compañeros y amigos de la universidad por su apoyo, motivación y compañía a lo largo de esta etapa, haciendo el camino más llevadero y enriquecedor.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ÍNDICE GENERAL

I. RESUMEN....8
II. ABSTRACT....9
III. Planteamiento del problema....10
3.1. Formulación del problMema....11
3.1.1. Problema General....11
3.1.2. Problemas específicos....11
3.2. Justificación....12
3.3. Antecedentes....14
3.3.1. Antecedentes Nacionales....14
3.3.2. Antecedentes Internacionales....17
IV. Marco teórico....20
4.1. Ladrillo de arcilla....20
4.2. Árido fino....21
4.3. Aditivo superplastificante....21
4.4. Granulometría....21
4.5. Módulo de finura....21
4.6. Peso específico....22
4.7. Absorción....22
4.8. Humedad....22
4.9. Trabajabilidad....22
4.10. Resistencia a la compresión....23
4.11. Concreto....23
V. Objetivos e hipótesis....23
5.1. Objetivos....23
5.1.1. Objetivo general....23
5.1.2. Objetivos específicos....24
5.2. Hipótesis....24
5.2.1. Hipótesis general....24

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

5.2.2. Hipótesis específicas 24
VI. Metodología 26
6.1. Variables 26
6.1.1. Variable independiente 26
6.1.2. Variable dependiente 27
6.2. Tipo y nivel de investigación 27
6.2.1. Tipo de investigación 27
6.2.2. Nivel de investigación 28
6.2.3. Enfoque de la investigación 28
6.2.4. Diseño de la investigación 28
6.3. Población y muestra 29
6.3.1. Población 29
6.3.2. Muestra 30
6.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 32
6.4.1. Técnicas de recolección de datos 32
6.4.2. Instrumentos de recolección de datos 32
6.4.3. Procedimiento 33
6.5. Alcances y limitaciones 46
6.5.1. Alcance 46
6.5.2. Limitaciones 47
6.6. Plan de análisis de datos 48
6.6.1. Estadística descriptiva 48
6.6.2. Planteamiento de las hipótesis estadísticas 48
6.6.3. Selección del estadígrafo de prueba 49
VII. Análisis y resultados 50
7.1. Cemento 50
7.2. Agregados 51
7.2.1. Agregado grueso 52
7.2.2. Agregado fino 55
7.3. Mezcla patrón 61

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

7.3.1. Resistencia a la compresión de mezcla patrón 64
7.4. Mezcla con 15% de ladrillo triturado 65
7.4.1. Resistencia a la compresión de mezcla con 15% 68
7.5. Mezcla con 20% de ladrillo triturado 68
7.5.1. Resistencia a la compresión de mezcla con 20% 71
7.6. Mezcla con 25% de ladrillo triturado 72
7.6.1. Resistencia a la compresión de mezcla con 25% 74
7.7. Mezcla con 15% de ladrillo triturado y aditivo Sikament 290N 75
7.7.1. Resistencia a la compresión de mezcla con 15% y aditivo 76
7.8. Mezcla con 20% de ladrillo triturado y aditivo Sikament 290N 77
7.8.1. Resistencia a la compresión de mezcla con 20% y aditivo 77
7.9. Mezcla con 25% de ladrillo triturado y aditivo Sikament 290N 78
7.9.1. Resistencia a la compresión de mezcla con 25% y aditivo 79
7.10. Resumen de resultados 80
7.11. Análisis estadístico de resultados 82
VIII. Discusión 86
IX. Conclusiones 95
X. Recomendaciones 96
XI. Referencias bibliográficas 98
XII. ANEXOS 103

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Indicadores y dimensiones de la variable independiente 26

Tabla 2 Indicadores y dimensiones de la variable dependiente 27

Tabla 3 Número de probetas a realizar con porcentaje de ladrillo reciclado triturado 31

Tabla 4 Número de probetas realizadas con porcentaje de ladrillo y aditivo superplastificante 31

Tabla 5 Propiedades físicas y químicas del cemento Sol Tipo I 51

Tabla 6 Análisis granulométrico del agregado grueso 52

Tabla 7 Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso 53

Tabla 8 Peso unitario compactado del agregado grueso 54

Tabla 9 Peso unitario suelto del agregado grueso 54

Tabla 10 Contenido de humedad del agregado grueso 54

Tabla 11 Análisis granulométrico del agregado fino 55

Tabla 12 Análisis granulométrico del agregado fino corregida 56

Tabla 13 Ensayo de peso específico del agregado fino 57

Tabla 14 Peso unitario compactado del agregado fino 58

Tabla 15 Peso unitario suelto del agregado fino 58

Tabla 16 Contenido de humedad del agregado fino 59

Tabla 17 Análisis granulométrico del ladrillo triturado 59

Tabla 18 Ensayo de peso específico del ladrillo reciclado triturado 60

Tabla 19 Dosificación de materiales por m^3 de la mezcla patrón 61

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Tabla 20 Dosificación por m^3 de la mezcla con 15% de sustitución de ladrillo reciclado triturado 65

Tabla 21 Dosificación por m3 de la mezcla con 20% de sustitución de ladrillo reciclado triturado 69

Tabla 22 Dosificación por m3 de la mezcla con 25% de sustitución de ladrillo reciclado 73

Tabla 23 Dosificación por m3 de la mezcla con 15% de sustitución de ladrillo reciclado triturado más aditivo Sikament 290 75

Tabla 24 Resultado de ensayos con 15%..... 76

Tabla 25 Dosificación por m3 de la mezcla con 20% de sustitución de ladrillo reciclado triturado más aditivo Sikament 290 N 77

Tabla 26 Resultado de ensayos con 20%..... 77

Tabla 27 Dosificación por m3 de la mezcla con 25% de sustitución de ladrillo reciclado triturado más aditivo Sikament 290 N 79

Tabla 28 Resultado de ensayos con 25%..... 79

Tabla 29 Estadística descriptiva de la resistencia a la compresión por mezcla y edad de curado..... 82

Tabla 30 Prueba t de Student (principal) frente a f'c = 210 kg/cm² (28 días)..... 84

Tabla 31 Prueba Z unilateral (referencial) frente a f'c = 210 kg/cm² (28 días) 84

Tabla 32 Comparación porcentual de la resistencia a 28 días, con y sin aditivo superplastificante..... 85

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Curva granulométrica del agregado grueso 53

Figura 2 Curva granulométrica del agregado fino 55

Figura 3 Curva granulométrica del agregado fino corregida 56

Figura 4 Curva granulométrica de Ladrillo triturado 60

Figura 5 Asentamiento de mezcla patrón 63

Figura 6 Contenido de aire de mezcla patrón 63

Figura 7 Resistencia a la compresión de mezcla patrón 64

Figura 8 Ladrillo triturado 65

Figura 9 Asentamiento de mezcla con 15% 67

Figura 10 Contenido de aire de la mezcla con 15% 67

Figura 11 Mezcla con 15% de reemplazo de ladrillo triturado 68

Figura 12 Asentamiento de mezcla con 20% 69

Figura 13 Contenido de aire de la mezcla con 20% 71

Figura 14 Mezcla con 20% de reemplazo de ladrillo triturado 72

Figura 15 Asentamiento de mezcla con 25% 73

Figura 16 Contenido de aire de la mezcla con 25% 74

Figura 17 Mezcla con 25% de reemplazo de ladrillo triturado 75

Figura 18 Resistencia a la compresión de mezcla con 15% + Aditivo 76

Figura 19 Resistencia a la compresión de mezcla con 20% + Aditivo 78

Figura 20 Resistencia a la compresión de mezcla con 25% + Aditivo 80

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Figura 21 Evolución de la resistencia a la compresión de la mezcla patrón y mezclas con sustitución de ladrillo triturado (15%, 20% y 25%) 81

Figura 22 Evolución de la resistencia a la compresión de la mezcla patrón y mezclas con sustitución de ladrillo triturado (15%, 20% y 25%) con aditivo superplastificante. 82

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

I. RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el efecto de la sustitución parcial del agregado fino por ladrillo reciclado triturado, en proporciones de 15%, 20% y 25%, con y sin la incorporación de un aditivo superplastificante, sobre las propiedades físicas y mecánicas de un concreto de f'c = 210 kg/cm². La problemática se enmarca en el elevado consumo de recursos naturales asociado a la producción de concreto y en el incremento de los residuos de construcción y demolición, lo que hace indispensable proponer alternativas con enfoque sostenible.

Se adoptó una metodología experimental, mediante la elaboración de una mezcla patrón y mezclas modificadas con los porcentajes de reemplazo establecidos. Se evaluaron propiedades en estado fresco, particularmente la trabajabilidad a través del ensayo de asentamiento (slump), y propiedades en estado endurecido, con énfasis en la resistencia a la compresión a distintas edades de curado.

Los resultados mostraron que la incorporación de ladrillo reciclado disminuye la trabajabilidad del concreto, debido a su elevada porosidad y capacidad de absorción. Sin embargo, respecto a la resistencia a la compresión, se registraron incrementos relevantes en determinados niveles de sustitución, especialmente cuando se empleó el aditivo superplastificante, el cual favoreció la optimización del desempeño mecánico.

En conclusión, el uso de ladrillo reciclado triturado como reemplazo parcial del agregado fino, en combinación con aditivos, constituye una alternativa viable y sostenible, ya que permite

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

mejorar ciertas propiedades del concreto y, a la vez, contribuir a la reducción del impacto ambiental derivado de los residuos de construcción.

Palabras clave: Ladrillo reciclado, Concreto, Resistencia a la compresión, Aditivo superplastificante, Trabajabilidad.

II. ABSTRACT

This research aimed to evaluate the effect of partially replacing fine aggregate with crushed recycled brick at proportions of 15%, 20%, and 25%, with and without the incorporation of a superplasticizer admixture, on the physical and mechanical properties of concrete with a compressive strength of f'c = 210 kg/cm². The problem addressed is framed within the high consumption of natural resources associated with concrete production and the increasing generation of construction and demolition waste, making it essential to propose sustainable alternatives.

An experimental methodology was adopted, involving the preparation of a control mix and modified mixes with the established replacement percentages. Properties in the fresh state were evaluated, particularly workability through the slump test, as well as properties in the hardened state, with emphasis on compressive strength at different curing ages.

The results showed that the incorporation of recycled brick reduces the workability of concrete due to its high porosity and absorption capacity. However, regarding compressive strength, significant increases were observed at certain replacement levels, especially when the superplasticizer admixture was used, which contributed to optimizing the mechanical performance.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

In conclusion, the use of crushed recycled brick as a partial replacement for fine aggregate, in combination with admixtures, constitutes a viable and sustainable alternative, as it improves certain concrete properties while also contributing to reducing the environmental impact derived from construction waste.

Keywords: Recycled brick, Concrete, Compressive strength, Superplasticizer admixture, Workability.

III. Planteamiento del problema

Uno de los materiales más utilizados a nivel mundial es el concreto, el cual ha generado un alto volumen de producción frente a la necesidad de satisfacer el incremento de la demanda de viviendas e infraestructuras a nivel global. (Zhao et al., 2023). Según Global Concrete (2023), China produjo 3.29 billones de m^3 de concreto en el 2021, lo que representó aproximadamente el 35% de la producción mundial, seguida por Estados Unidos con 317 millones de m^3 en el mismo año.

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2023), en el año 2021 se declararon más de 99.158 m^3 de residuos no peligrosos de construcción y demolición, siendo Lima la región con mayor número de reportes. Este alto volumen de producción tiene importantes consecuencias ambientales, por lo que la protección del medio ambiente es un aspecto importante en la ingeniería civil que puede abordarse mediante el uso de concretos reciclados. Este enfoque ayuda a reducir parte de los residuos sólidos que contribuyen a la contaminación del medio ambiente, reutiliza materiales y permite el desarrollo de nuevos diseños de materiales que garantizan el mejor rendimiento mecánico. (Martínez, 2015)

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Garabito (2023), en su proyecto de investigación realizado en una de las fábricas de la Ladrillera Lark, determinó que en el periodo 2021-2022, en el proceso de producción de ladrillo se detectaron 790 739 ladrillos deficientes, lo que representa un 12.5% del resultado de la fabricación. Esta problemática impulsa la búsqueda de alternativas, como el uso del ladrillo reciclado triturado. Sin embargo, varios estudios también demuestran que un problema significativo al sustituir ladrillo reciclado triturado en grandes porcentajes hace que el concreto pierda trabajabilidad, por ende, tiende a disminuir su resistencia. En el artículo publicado en Housing News Desk (2023), menciona que si un concreto no es trabajable puede disminuir la resistencia a la compresión, la durabilidad y la apariencia. Es por ello, que la trabajabilidad es importante para poder realizar un buen vaciado de la mezcla y evitar dificultades en su compactación.

3.1. Formulación del problema

3.1.1. Problema General

¿De qué manera la sustitución del 15%, 20% y 25% de ladrillo reciclado como reemplazo del agregado fino, en combinación con el uso de un aditivo superplastificante, mejora las propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c=210 kg/cm²?

3.1.2. Problemas específicos

¿De qué manera la sustitución de 15% de ladrillo reciclado como reemplazo del agregado fino, en combinación con un aditivo superplastificante, en combinación con el uso de un aditivo superplastificante, mejora las propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c= 210 kg/cm²?

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

¿De qué manera la sustitución de 20% de ladrillo reciclado como reemplazo del agregado fino, en combinación con el uso de un aditivo superplastificante, mejora las propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c= 210 kg/cm²?

¿De qué manera la sustitución de 25% de ladrillo reciclado como reemplazo del agregado fino, en combinación con el uso de un aditivo superplastificante, mejora las propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c= 210 kg/cm²?

3.2. Justificación

La resistencia a la compresión es una propiedad esencial, ya que demuestra una estimación de la calidad del concreto al estar relacionada directamente con la estructura (Neville, 1995).

En el estudio reciente de Bravo-Segovia et al. (2024) desarrollado en Ecuador, concluyeron que una sustitución del 15% de ladrillo reciclado triturado en reemplazo del agregado fino, permitió obtener mezclas trabajables y resistentes a la compresión, mejorando la resistencia a la compresión del diseño de mezcla de 21 MPa, en donde fue necesario el uso de un aditivo super plastificante (MasterGlenium 7971). Por lo que, el uso de aditivos superplastificantes en mezclas con agregados reciclados mejora la resistencia a la compresión, debido a una mejor compactación y menor porosidad del material (Nachimuthu, 2023).

Así mismo, en las investigaciones realizadas por Calderon et al. (2024) & Chavarria (2024), ambas investigaciones demostraron que con un porcentaje óptimo del 25% obtuvieron resistencias de 278.21 y 460.13 kg/cm² superando a las resistencias del concreto patrón de 253 kg/cm² y 423.83 kg/cm² respectivamente. Sin embargo, ambas investigaciones coinciden en que un porcentaje del 30% la resistencia disminuye, esto debido a la porosidad y absorción del ladrillo reciclado.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Ukwizagira et al. (2023), determinaron que, para sus resistencias de diseño de 20 MPa y 25 MPa, el mejor porcentaje de sustitución es del 15% y 25% de ladrillo reciclado triturado con resistencias a la compresión de 29,38 MPa y 27,45 MPa respectivamente. Por lo que enfatizaron que un porcentaje del 20% es aceptable en concretos estructurales para no comprometer sus resistencia y calidad.

A nivel nacional, existen pocos estudios que aborden el uso de ladrillo reciclado triturado específicamente en reemplazo parcial del agregado fino en una mezcla de concreto, y aun menos estudios que incorporen aditivo superplastificante. El uso del ladrillo triturado, combinado con un aditivo superplastificante puede abrir nuevas posibilidades en la elaboración de concretos con buenas propiedades.

Además, desde el punto de vista económico, esta propuesta busca disminuir la necesidad de utilizar únicamente arena natural, cuyo costo aumenta debido a la sobreexplotación y escasez de canteras. En su lugar, se impulsa el uso de un material alternativo y accesible en áreas urbanas, permitiendo disminuir los gastos de producción en obras de pequeña y mediana escala, haciendo que el uso de concreto con materiales reciclados sea más competitivo.

En el ámbito social, reutilizar los residuos de construcción, como el ladrillo triturado, fomenta una cultura de sostenibilidad, genera oportunidades de empleo en la recolección, clasificación y procesamiento de los materiales, y contribuye a la reducción de escombros en las ciudades, mejorando la calidad de vida de la población al disminuir focos de contaminación.

Por consiguiente, este estudio resulta útil, tanto para el sector académico como para la industria de la construcción.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

3.3. Antecedentes

3.3.1. Antecedentes Nacionales

Calderon & Yocya (2024), en su tesis titulada "Evaluación de la resistencia mecánica del concreto, utilizando como agregado fino ladrillos de arcilla reciclada", realizaron un estudio experimental donde reemplazaron de manera parcial el agregado fino por ladrillos de arcilla reciclada (LAR) en porcentajes de 15%, 20%, 25% y 30%, en donde evaluaron mezclas de concreto con resistencias de diseño de 210 kg/cm² y 280 kg/cm². Los resultados demostraron que el porcentaje ideal de sustitución fue de 25%, ya que generó un aumento en la capacidad de carga a compresión de 10.20% y 11.19% para diseños de mezcla de 210 kg/cm² y 280 kg/cm² respectivamente. Para determinar el desempeño de la mezcla de concreto, se realizaron ensayos para el concreto en estado fresco y en estado endurecido. Los resultados demostraron que, al incrementar la proporción de ladrillos de arcilla reciclada, se observa una disminución en el asentamiento, temperatura y peso unitario del concreto fresco, ya que el ladrillo presenta alta porosidad y absorción. Finalmente, los autores recomiendan que para futuras investigaciones se use un aditivo plastificante con el fin de mejorar su trabajabilidad, dado que la alta absorción de agua reduce el asentamiento y puede generar dificultades en el proceso de vaciado y compactación del concreto.

Zamora (2023), en su tesis titulada "Efecto de la resistencia y durabilidad del concreto al reemplazar ladrillo triturado", llevó a cabo un experimento para determinar el desempeño del concreto al reemplazar parcialmente el agregado fino por ladrillo triturado (LT) en porcentajes de 10%, 20% y 30%, en la cual utilizó una resistencia de diseño de 175 kg/cm². Los resultados obtenidos demostraron que el reemplazo del 10% de agregado fino por LT fue el más eficiente, ya

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

que incrementó la resistencia a la compresión en un 4.11%. Mientras que, los reemplazos de 20% y 30% generaron una disminución en la trabajabilidad y una mayor deformación frente a los agentes agresivos. Se desarrollaron diversos ensayos normados según la ASTM y la NTP. En el estado fresco del concreto, se evaluó el asentamiento (mediante el Cono de Abrams), la temperatura, el peso unitario y el contenido de aire. Se analizó la resistencia al concreto a los 7, 14 y 28 días de curado en estado endurecido. Los resultados demostraron que con una sustitución del 10% de agregado fino por ladrillo triturado presentó el mejor desempeño, con un incremento del 4.11% en la resistencia a la compresión respecto al concreto patrón, además favoreciendo la durabilidad y la densidad del concreto. Se recomienda controlar la proporción de reemplazo para mantener un adecuado desempeño del concreto.

Chavarría et al. (2021), en su artículo titulado "Arcilla cocida como agregado fino para mejorar las propiedades mecánicas del hormigón estructural", llevaron a cabo una investigación experimental, con el objetivo de determinar el efecto de reemplazar parcialmente el agregado fino natural por arcilla cocida molida (ACM) en porcentajes de 15%, 20% y 25%, de una mezcla de concreto estructural diseñada para un f'c=210 kg/cm². El estudio se desarrolló considerando ensayos tanto en estado fresco como en estado endurecido. Durante la fase experimental, se prepararon cuatro tipos de mezcla: una mezcla patrón sin adicionar arcilla cocida y tres mezclas modificadas con los distintos porcentajes de reemplazo del agregado fino. Se evaluaron las propiedades del concreto en estado fresco como el asentamiento y en estado endurecido, mediante ensayos de resistencia a la compresión axial, tracción por compresión diametral y resistencia a la flexión a los 7, 14 y 28 días. A los 28 días, la resistencia a la compresión de la mezcla con 25% de ACM alcanzó los 460.13 kg/cm², superando al concreto patrón que obtuvo una resistencia de 423.83 kg/cm²., Se concluye que, el uso de arcilla cocida como agregado fino es viable, siempre

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

que no se supere el 25% de reemplazo, ya que se observó una mejora en la resistencia a la compresión. No obstante, el efecto negativo en el asentamiento limita su uso en aplicaciones donde se requiere alta trabajabilidad del concreto.

Muñoz & Sandoval (2024), en su tesis titulada "Influencia de los aditivos superplastificantes Master Ease 3900 y Sikament 290 N en las propiedades del concreto cemento-arena elaborado con agregado fino marginal, Iquitos – 2024", desarrollaron una investigación cuyo objetivo principal fue analizar los efectos de la aplicación de los aditivos superplastificantes Master Ease 3900 y Sikament 290 N en las propiedades del concreto cemento-arena elaborado con agregado fino marginal. Los resultados demostraron que la adición de estos aditivos influye de manera positiva en las propiedades físicas en estado fresco, tales como la consistencia y trabajabilidad, así como en las propiedades mecánicas en estado endurecido, destacando mejoras en la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y módulo de elasticidad. Como una de sus conclusiones, demostraron que en comparación con la muestra patrón, las mezclas con aditivos lograron resistencias significativamente mayores, alcanzando valores de hasta 287 kg/cm² con Master Ease y 316 kg/cm² con Sikament a los 28 días de curado. Finalmente, los autores recomiendan profundizar en el estudio de aditivos que contribuyan no solo a optimizar las propiedades mecánicas, sino también a mejorar la sostenibilidad y reducir los costos de producción; y, de manera específica respecto al aditivo, sugieren evaluar diferentes rangos de dosificación de Master Ease 3900 y Sikament 290 N para determinar la cantidad óptima que permita maximizar las resistencias mecánicas sin afectar la trabajabilidad ni la durabilidad del concreto.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

3.3.2. Antecedentes Internacionales

El estudio desarrollado por Dang & Zhao (2019) titulado "Influence of waste clay bricks as fine aggregate on the mechanical and microstructural properties of concrete", desarrollado en la Zhengzhou University, ubicada en Henan, China, tuvo como objetivo analizar la influencia del reemplazo del agregado fino natural por agregado fino proveniente de ladrillos arcillosos reciclados sobre las propiedades mecánicas y microestructurales del concreto. El estudio consistió en preparar mezclas de concreto en las cuales el agregado fino natural fue sustituido por ladrillos arcillosos reciclados en proporciones de 0%, 25%, 50%, 75% y 100%. Se estudiaron tres condiciones de humedad del WCBF: sin agua adicional (seco), parcialmente saturado (75% SSD) y totalmente saturado (100% SSD). Las mezclas fueron diseñadas con una relación agua/cemento de 0.35. Se evaluaron las propiedades mecánicas mediante ensayos de densidad, resistencia a la compresión, tracción indirecta y módulo de elasticidad en diferentes edades de curado (3, 7, 14, 28, 56 y 90 días). Con un 25% de sustitución, la resistencia se incrementó a 67.5 MPa. Al aumentar el reemplazo al 50%, la resistencia fue de 64.3 MPa. Sin embargo, al alcanzar un 75% de reemplazo, la resistencia disminuyó a 59.4 MPa, y con un 100%, la resistencia fue de 58.8 MPa, mostrando una tendencia decreciente a partir del 50% de sustitución. Los resultados demostraron que el uso de hasta 50% de ladrillos arcillosos reciclados seco no afecta negativamente la resistencia del concreto, mientras que reemplazos mayores provocan una reducción progresiva de la resistencia a la compresión.

El estudio realizado por Abbas & Abbood (2021) titulado "The influence of incorporating recycled brick on concrete properties" desarrollado en la Universidad de Bagdad, Irak; tuvo como objetivo evaluar el efecto del uso de residuos de ladrillo reciclado en las propiedades mecánicas del concreto, como la sustitución parcial del agregado fino (arena). La investigación buscó

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

determinar las proporciones óptimas de reemplazo que permitieran mejorar las propiedades del concreto, contribuyendo a la reducción de residuos de construcción y al aprovechamiento de materiales reciclados en el sector de la ingeniería civil. La arena de río fue sustituida parcialmente por ladrillo reciclado triturado en porcentajes de 10%, 20% y 30%. Las probetas se ensayaron a los 7, 28, 90 y 180 días de curado para determinar la resistencia a la compresión, tracción indirecta y flexión. Al reemplazar parcialmente la arena natural por ladrillo reciclado triturado, los resultados a los 28 días mostraron que con 10% y 20% de reemplazo se obtuvieron resistencias a la compresión de 33.0 MPa y 33.2 MPa, respectivamente, frente a los 32.5 MPa del concreto patrón. En cuanto a la resistencia a la tracción indirecta, los valores fueron de 3.224 MPa y 3.256 MPa, mientras que la resistencia a la flexión alcanzó 3.598 MPa y 3.623 MPa. Sin embargo, al aumentar el porcentaje de reemplazo a 30%, las resistencias disminuyeron ligeramente, 32.2 MPa en compresión, 3.145 MPa en tracción y 3.499 MPa en flexión, debido a la alta absorción del ladrillo, que afecta la relación agua/cemento y la trabajabilidad de la mezcla.

Ukwizagira et al. (2023), en su estudio titulado "Effect of Crushed Clay Brick as Partial Replacement of Fine Aggregate in Concrete", realizado en Ruanda, evaluaron el uso de ladrillo triturado proveniente de residuos de construcción como reemplazo parcial del agregado fino. Reemplazaron el agregado fino por ladrillo reciclado triturado en proporciones de 15%, 25%, 30%, 50% y 75%. Se diseñaron concretos para resistencias de 20 MPa y 25 MPa. Las mayores resistencias a los 28 días se obtuvieron con una sustitución del 15% y 25% de ladrillo reciclado triturado con resistencias a la compresión de 29,38 MPa y 27,45 MPa respectivamente, mientras que la menor resistencia a los 28 días de curado se obtuvo con una sustitución de 75% con una resistencia de 15.84 MPa. Como conclusión, los investigadores determinaron que un reemplazo de hasta del 25% del agregado fino por ladrillo reciclado triturado es aceptable para aplicaciones en

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

concretos estructurales sin comprometer su calidad y se mantengan sus propiedades mecánicas aceptables.

Bravo et al. (2024), en el artículo científico titulado "Uso del ladrillo reciclado triturado como sustituto del agregado fino en diseño de hormigón de 21 MPa", presentan un estudio experimental llevado a cabo en Ecuador, que se centró en evaluar la viabilidad del uso de ladrillo reciclado triturado (LRT) como reemplazo parcial del agregado fino en el diseño de mezclas de hormigón estructural. El objetivo fue analizar el comportamiento mecánico y la trabajabilidad de la mezcla de concreto con porcentajes de reemplazo de 15%, 20%, 25% y 30% de agregado fino por ladrillo reciclado triturado, bajo un diseño de resistencia de 21 MPa, se hizo uso de un aditivo superplastificante (MasterGlenium 7971) a un 0.6% respecto al peso del cemento, el cual ayudó a mejorar la consistencia de la mezcla. El estudio determinó que los mejores resultados de resistencia a la compresión se obtuvieron con un porcentaje de reemplazo de 15% de ladrillo reciclado triturado, el cual a los 28 días del curado alcanzó una resistencia de 33.48 Mpa, superando ampliamente la resistencia del diseño de 21 Mpa, pero a partir del 30% del reemplazo de LRT, la resistencia disminuyó. Las mezclas que contienen LRT no presentaron una mejor trabajabilidad. Sin embargo, con la adición de un aditivo súper plastificante se obtuvieron como resultados mezclas con una consistencia adecuada. Un aspecto importante de esta investigación fue identificar el impacto ambiental que generan los residuos de construcción y demolición (RCD) que representan aproximadamente el 35% del total de residuos sólidos a nivel global, muchos de los cuales terminan en espacios públicos o vertederos, los cuales generan contaminación ambiental, deterioro del paisaje y problemas a la salud pública.

Mohammed et al. (2024), en su artículo titulado "Alternative Fine Aggregates to Natural River Sand for Manufactured Concrete Ensuring Circular Economy", llevaron a cabo una

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

investigación experimental con el objetivo de evaluar el efecto del reemplazo parcial del agregado fino natural por materiales alternativos, como el ladrillo reciclado, en diferentes porcentajes dentro de mezclas de concreto. La problemática del estudio se centra en la creciente demanda de arena natural y el impacto ambiental generado por su extracción, así como en la necesidad de incorporar materiales reciclados que contribuyan a una economía circular.

El estudio se desarrolló considerando ensayos tanto en estado fresco como en estado endurecido. Durante la fase experimental, se prepararon diversas mezclas de concreto con porcentajes de reemplazo del agregado fino de 0%, 10%, 20%, 30%, 40% y 50%, comparándolas con una mezcla patrón. Se evaluaron propiedades como la trabajabilidad y la resistencia a la compresión, con el fin de determinar el comportamiento del concreto frente a la incorporación de estos materiales alternativos.

Los resultados evidenciaron que el comportamiento del concreto varía en función del porcentaje de sustitución, manteniendo propiedades adecuadas en ciertos niveles de reemplazo. Se concluye que el uso de materiales alternativos como sustitutos del agregado fino es viable, ya que permite conservar el desempeño del concreto y reducir el impacto ambiental asociado al uso de recursos naturales.

IV. Marco teórico

Ladrillo reciclado

4.1. Ladrillo de arcilla

Unidad de albañilería fabricada con arcilla, que es moldeado y sometido a cocción a altas temperaturas. Este tratamiento calorífico le otorga dureza, ofreciendo durabilidad y resistencia. (INACAL - NTP 331.017, 2015). La porosidad natural del ladrillo de arcilla representa un alto

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

valor de absorción de agua comparado a la de los agregados naturales. (Chidiroglou citado por Silva, 2014). El grado de porosidad del ladrillo triturado reciclado depende del tipo de arcilla utilizada y el proceso de fabricación, como la duración y temperatura de cocción del material original (Khalaf citado por Silva, 2014)

4.2. Árido fino

Se obtiene a partir de la degradación de las rocas ya sea de manera natural o artificial. Debe pasar por el tamiz normalizado de 3/8" (9.5 mm) y no pasa el tamiz N°200 (0.074 mm). (INACAL - NTP 400.011, 2013)

4.3. Aditivo superplastificante

Son aditivos elaborados a partir de sulfonatos orgánicos. El uso de este aditivo reduce de manera significativa el contenido de agua en el concreto y al mismo tiempo aumentar la trabajabilidad. Además, ayuda a mantener la relación agua/cemento, de manera que se use menos cemento y aun así aumentar la resistencia a la compresión. (McCormac, et al., 2017)

4.4. Granulometría

Distribución de las partículas de los agregados por tamaño, la cual se determina mediante separación por mallas normalizadas. Las mallas normalizadas para el agregado fino son: N°4. N°8, N°16, N°30, N°50, y N°100[…]. Las mallas normalizadas para el agregado grueso son: 3",1 ½", 1", 3/4", 1/2", 3/8", #4. (Abanto, 2009)

4.5. Módulo de finura

Es un indicador que determina el tamaño promedio de los agregados. Un valor bajo de módulo de finura indica que es un agregado fino, mientras que un valor alto señala que es un

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

agregado grueso. Se calcula mediante la suma de porcentajes acumulados retenidos en los tamices divididos entre 100. (Abanto, 2009)

4.6. Peso específico

Es la masa por unidad de volumen de un material. (INACAL- NTP 400.021, 2013). Es el tamaño de partícula del agregado y su capacidad de ocupar espacio. Si el resultado es alto (2.5 a 2.8), corresponde a un material de buena calidad. Sin embargo, cuando se obtienen valores menores de 2.5, indica que los agregados son adsorbentes y débiles. (Campos citado por Calderón, 2024)

4.7. Absorción

Es el incremento de masa de un agregado, producto del agua que se infiltra en los poros de sus partículas por un periodo específico. Este aumento se determina como porcentaje de la masa seca del agregado. (INACAL- NTP 400.021, 2013)

4.8. Humedad

Se mide como el porcentaje de agua presente en los agregados, comparada con el peso de la parte sólida, se determina al pesar la muestra en estado natural y luego secar a una temperatura de 110±5°C en un horno, la pérdida de peso es considerado el peso del agua. (MTC, 2016)

Propiedades físicas y mecánicas del concreto.

4.9. Trabajabilidad

Se define por la dificultad de mezclarlo, transportarlo, colocarlo y compactarlo. La trabajabilidad se ve afectada principalmente por la mezcla de agua, cemento y una proporción

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

adecuada de agregados; condiciones óptimas de los materiales asegura una buena trabajabilidad. (Pasquel, 1998)

4.10. Resistencia a la compresión

Principal parámetro que mide la calidad del concreto. (Moreno, 2018). A los 28 días de curado se evalúa la resistencia a la compresión del concreto, mediante ensayos de compresión en cilindros de concreto de 6” x 12” o 4” x 8” de diámetro a una velocidad especifica de carga. (McCormac, et al., 2017)

4.11. Concreto

Es una mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos. (Norma E.060, 2019). En el concreto normal se utiliza cemento y agua como aglomerantes, aunque también se pueden incorporar puzolanas, escorias y/o aditivos químicos. (INACAL - NTP 339.047, 2019). Debido a su naturaleza pétrea, presenta una alta resistencia a la compresión y una baja resistencia a la tracción. (McCormac, et al., 2017)

V. Objetivos e hipótesis

5.1. Objetivos

5.1.1. Objetivo general

Determinar como la incorporación del 15%, 20% y 25% de ladrillo reciclado triturado como reemplazo parcial del agregado fino, en combinación con el uso de un aditivo superplastificante, influye en la mejora de las propiedades físicas y mecánicas del concreto f’c = 210 kg/cm².

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

5.1.2. Objetivos específicos

Determinar como la incorporación del 15% de ladrillo reciclado triturado como reemplazo parcial del agregado fino, en combinación con el uso de un aditivo superplastificante, influye en la mejora de las propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c = 210 kg/cm².

Determinar como la incorporación del 20% de ladrillo reciclado triturado como reemplazo parcial del agregado fino, en combinación con el uso de un aditivo superplastificante, influye en la mejora de las propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c = 210 kg/cm².

Determinar como la incorporación del 25% de ladrillo reciclado triturado como reemplazo parcial del agregado fino, en combinación con el uso de un aditivo superplastificante, influye en la mejora de las propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c = 210 kg/cm².

5.2. Hipótesis

5.2.1. Hipótesis general

El uso de ladrillo reciclado como reemplazo parcial del agregado fino en proporciones de 15%, 20% y 25%, en combinación con el uso de un aditivo superplastificante, mejora las propiedades físicas y mecánicas del concreto con f'c = 210 kg/cm²

5.2.2. Hipótesis específicas

El uso de ladrillo reciclado como sustituto parcial del agregado fino en proporción de 15%, en combinación con el uso de un aditivo superplastificante, incrementa las propiedades físicas y mecánicas del concreto con f'c = 210 kg/cm².

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

El uso de ladrillo reciclado como reemplazo parcial del agregado fino en proporción 20%, en combinación con el uso de un aditivo superplastificante, aumenta las propiedades físicas y mecánicas del concreto con f'c= 210 kg/cm².

El uso de ladrillo reciclado como reemplazo parcial del agregado fino en proporción 25%, en combinación con el uso de un aditivo superplastificante, beneficia las propiedades físicas y mecánicas del concreto con f'c= 210 kg/cm².

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

VI. Metodología

6.1. Variables

6.1.1. Variable independiente

Se presenta la Tabla 1, en donde se detallan las dimensiones e indicadores de la variable independiente.

Tabla 1

Indicadores y dimensiones de la variable independiente

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE: Ladrillo reciclado triturado como sustituto del agregado fino en proporciones de 15%, 20% y 25% en combinación con aditivo superplastificante.	Granulometría: módulo de finura	2.3 a 3.1
	Peso específico	2.4 g/cm^3 a 2.9 g/cm^3
La variable independiente está constituida por la sustitución parcial del agregado fino por ladrillo reciclado triturado, en proporciones de 0% (mezcla patrón), 15%, 20% y 25%, en combinación con un aditivo superplastificante (Sikament 290N), con el fin de analizar su efecto sobre las propiedades físicas y mecánicas del concreto. El ladrillo reciclado triturado proviene de unidades de albañilería de arcilla sometidas a cocción a altas temperaturas (INACAL - NTP 331.017, 2015), cuya porosidad natural le otorga una absorción de agua considerablemente mayor que la de los agregados naturales (Chidiroglou citado por Silva, 2014), dependiendo del tipo de arcilla y del proceso de cocción empleado (Khalaf citado por Silva, 2014).	Contenido de humedad	0.2% - 3%
	Absorción	0.5% a 4%
	Dosis de superplastificante	1% del peso del cemento.

Nota. Datos extraídos de la matriz de consistencia.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

6.1.2. Variable dependiente

Se presenta la Tabla 2, en donde se detallan las dimensiones e indicadores de la variable dependiente.

Tabla 2

Indicadores y dimensiones de la variable dependiente

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE DEPENDIENTE: Propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c=210 kg/cm²	Trabajabilidad (Slump)	3" a 4"
La variable dependiente está constituida por las propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c = 210 kg/cm², evaluadas mediante la trabajabilidad (ensayo de asentamiento o slump) como propiedad física, y la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días como propiedad mecánica, con el fin de determinar el efecto de la sustitución del agregado fino por ladrillo reciclado triturado y la incorporación del aditivo superplastificante. Las propiedades físicas se relacionan con el comportamiento del concreto sin aplicar cargas, como la densidad, porosidad y trabajabilidad (Neville, 2013), mientras que las propiedades mecánicas definen su capacidad para resistir esfuerzos como la compresión o la tracción (Mehta & Monteiro, 2014).	Resistencia a la compresión	Baja: 210 kg/cm² Media: 320 kg/cm² Alta: 380 kg/cm²

Nota. Datos extraídos de la matriz de consistencia.

6.2. Tipo y nivel de investigación

6.2.1. Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo aplicada, ya que busca mejorar las propiedades del concreto, utilizando ladrillo reciclado triturado y aditivo superplastificante. Según Hernández Sampieri et al. (2014), la investigación aplicada se enfoca en resolver problemas específicos de la realidad mediante el conocimiento científico existente.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

6.2.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación es explicativo, puesto que busca identificar las causas y efectos del uso de ladrillo reciclado como sustituto parcial del agregado fino, así como la adición de un aditivo superplastificante. El estudio se centra en evaluar el impacto sobre las propiedades físicas y mecánicas del concreto. De acuerdo con los autores Hernández Sampieri et al. (2014), los estudios explicativos buscan explicar las causas de eventos y fenómenos físicos o sociales. Además, se centra en explicar por qué dos o más variables están relacionadas entre sí.

6.2.3. Enfoque de la investigación

La investigación emplea un enfoque cuantitativo, ya que se basa en la recolección de datos numéricos obtenidos mediante ensayos de laboratorio para evaluar el comportamiento físico y mecánico del concreto al incorporar ladrillo reciclado y aditivo superplastificante. Este enfoque permite analizar las relaciones entre variables, como el porcentaje de reemplazo del agregado fino y las propiedades físicas y mecánicas del concreto. Como afirman los autores Hernández Sampieri et al. (2014), el enfoque cuantitativo se basa en reunir datos para probar hipótesis, usando cálculos y estadísticas para establecer patrones de comportamiento y comprobar teorías.

6.2.4. Diseño de la investigación

El diseño de esta investigación es cuasiexperimental de corte longitudinal, ya que se manipulan de manera intencional la variable independiente (porcentaje de ladrillo) para observar su impacto en las propiedades físicas y mecánicas del concreto. Se clasifica como cuasiexperimental, y no como experimental puro, debido a que la asignación de las muestras no fue aleatoria, sino por conveniencia, según la disponibilidad del material reciclado y el acceso al laboratorio. Según los autores Hernández Sampieri et al. (2014), en un experimento, el

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

investigador se interesa por la variable independiente porque se cree que podría ser una de las causas del resultado hipotético. El investigador manipula la variable independiente y observa si la variable dependiente cambia. Los mismos autores señalan que, en los diseños cuasiexperimentales, los grupos no se forman mediante asignación aleatoria, sino que ya están constituidos antes del experimento, lo cual no resta validez al estudio siempre que se controlen adecuadamente las demás variables. Los autores también mencionan que un diseño longitudinal se basa en la recolección de datos tomadas en diferentes momentos o periodos para realizar interpretaciones respecto a los cambios, sus causas y qué efectos tienen, el cual se basa en la recolección de datos en diferentes momentos o periodos con el propósito de interpretar los cambios, identificar sus causas y analizar sus efectos. En este caso, se evaluará el comportamiento de probetas de concreto al realizar ensayos de resistencia a la compresión conforme a la NTP 339.034, a las edades de 7, 14 y 28 días. Este enfoque permitirá observar la evolución de las propiedades mecánicas del concreto con sustitución parcial de agregado fino por ladrillo reciclado triturado, proporcionando información más completa sobre su desempeño en el tiempo.

6.3. Población y muestra

6.3.1. Población

Según Hernández Sampieri et al. (2014), la población se define como el conjunto de todos los casos que cumplen con determinadas especificaciones.

Para la investigación, la población estará constituida por los concretos de resistencia f'c = 210 kg/cm², elaborados con sustitución parcial del agregado fino por ladrillo reciclado triturado, en proporciones de 0%, 15%, 20% y 25%, con y sin la incorporación del aditivo superplastificante Sikament 290N.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

6.3.2. Muestra

Hernández Sampieri et al. (2014), definen a la muestra como la representación de un subgrupo de la población objetivo, de donde se recolectará datos, por lo que es importante se defina y delimite con precisión. Además, se busca que la muestra sea representativa estadísticamente. Para la investigación, la muestra será las dosificaciones de concreto con una resistencia de f'c = 210 kg/cm² con sustitución parcial del 15%, 20% y 25% de ladrillo reciclado triturado. En base a la NTP 339.034.

Las muestras no probabilísticas también son conocidas como muestras dirigidas, las cuales se basan en un proceso de selección guiado principalmente por las características y necesidades específicas de la investigación, en lugar de seguir un criterio estadístico orientado a la generalización de los resultados. (Hernández Sampieri et al., 2014).

El tipo de muestreo empleado en esta investigación es no probabilístico por conveniencia, ya que las muestras fueron seleccionadas según la disponibilidad de materiales reciclados (ladrillo triturado) y del acceso al Laboratorio de Tecnología del Concreto de la Universidad Científica del Sur. En base a la NTP 339.034.

Para asegurar la validez, se elaborarán probetas cilíndricas de 4”x8” y, para cada edad de ensayo del concreto, se ensayarán tres probetas. Esto se sustenta en la Norma E.060 Concreto Armado, Capítulo 5 inciso 5.1.6, la cual señala: “Se considera como un ensayo de resistencia el promedio de las resistencias de dos probetas cilíndricas de 6” de diámetro por 12” de altura (150 mm por 300 mm) o de tres probetas cilíndricas de 4” de diámetro por 8” de altura (100 mm por 200 mm), moldeadas de la misma muestra de concreto y ensayadas a los 28 días o a la edad de ensayo establecida para la determinación de f’c”.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Se presenta la Tabla 3 en donde cada porcentaje de ladrillo reciclado corresponde a una mezcla diferente.

Se elaborarán 3 probetas por dosificación y edad de curado (7, 14 y 28 días) para el ensayo de compresión, sumando un total de 36 probetas.

Tabla 3

Número de probetas a realizar con porcentaje de ladrillo reciclado triturado

Días Porcentaje de ladrillo	7 días	14 días	28 días	TOTAL DE PROBETAS
0%	3	3	3	**9**
15%	3	3	3	**9**
20%	3	3	3	**9**
25%	3	3	3	**9**
				36

Nota. Elaboración propia

Se presenta la Tabla 4 correspondiente a las mezclas con aditivo superplastificante al 1%, evaluadas con porcentajes de reemplazo de ladrillo reciclado del 15%, 20% y 25%. Para cada dosificación se elaboraron tres probetas por cada edad de curado (7, 14 y 28 días), totalizando 27 probetas destinadas al ensayo de compresión.

Tabla 4

Número de probetas realizadas con porcentaje de ladrillo y aditivo superplastificante

Días Aditivo (1%)	7 días	14 días	28 días	TOTAL DE PROBETAS
15%	3	3	3	**9**
20%	3	3	3	**9**
25%	3	3	3	**9**
				27

Nota. Elaboración propia

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

6.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

6.4.1. Técnicas de recolección de datos

En la presente investigación se usará como técnica de recolección de datos la observación no participante directa.

La técnica de observación no participante consiste en que el investigador se limita únicamente a observar y recoger información sobre los fenómenos o sujetos de estudio, sin involucrarse directamente con ellos. […] En la observación directa la información se obtiene directamente de la población. (Medina et al., 2023. pag.21)

6.4.2. Instrumentos de recolección de datos

El instrumento de medición es la herramienta empleada por el investigador para recopilar información o datos relacionados con las variables que desea analizar. (Hernández Sampieri et al., 2014).

Los instrumentos de recolección de datos empleados en esta investigación son las fichas de protocolo de ensayo de laboratorio, en las cuales se registran los datos obtenidos durante cada ensayo. Para la ejecución de dichos ensayos se emplean equipos de laboratorio, tales como la prensa de compresión, el cono de Abrams, la balanza, el horno, los tamices, el picnómetro y demás equipos necesarios según cada protocolo, en base a las NTP correspondientes:

NTP 400.012 – Granulometría.

NTP 400.021 – Peso específico agregado grueso.

NTP 400.022 – Peso específico agregado fino.

NTP 339.035 – Asentamiento del concreto fresco.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

NTP 339.185 – Contenido de humedad.

NTP 400.017 – Peso unitario y compactado.

NTP 339.183 – Elaboración de mezcla y especímenes de concreto en laboratorio

NTP 339.184 – Temperatura del concreto fresco.

NTP 339.034 – Ensayo de compresión en probetas cilíndricas.

6.4.3. Procedimiento

El ladrillo reciclado triturado empleado en esta investigación fue obtenido mediante un proceso de trituración manual de los fragmentos de ladrillo de arcilla provenientes de la ladrillera de Huachipa. Posteriormente, el material triturado fue tamizado para controlar su distribución granulométrica, utilizándose únicamente las partículas pasantes por la malla de 3/8" (9.5 mm), conforme al límite superior establecido para agregado fino según la NTP 400.011. Asimismo, se descartaron las partículas retenidas en la malla N°200 (0.074 mm), con el fin de excluir el material excesivamente fino que pudiera incrementar de manera no controlada la demanda de agua de la mezcla. El material resultante de este proceso fue caracterizado mediante el ensayo de análisis granulométrico (NTP 400.012).

La dosis de Sikament 290N empleada en esta investigación (1% del peso del cemento) se sustenta en la ficha técnica del fabricante (Sika Perú, 2025), la cual establece un rango de dosificación de 0.7% a 1.2% del peso del cemento para uso como superplastificante. La dosis seleccionada se ubica dentro de dicho rango, próxima al límite superior, con el fin de maximizar el efecto reductor de agua y la mejora de la trabajabilidad, considerando la elevada absorción del ladrillo reciclado triturad frente a la del agregado fino natural. Asimismo, esta dosificación es consistente con la empleada por Muñoz y Sandoval (2024), quienes determinaron que el Sikament

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

290N presenta mejores resultados que el aditivo Master Ease 3900 en concretos elaborados con agregado fino marginal. Se optó por mantener una dosis fija de 1% para las tres proporciones de sustitución evaluadas (15%, 20% y 25%), con el fin de aislar el efecto del porcentaje de ladrillo reciclado sobre las propiedades del concreto, sin introducir una variable adicional asociada a la variación de la dosis de aditivo; esto constituye una decisión metodológica que simplifica el diseño experimental, aunque no descarta que una dosis ajustada según el porcentaje de sustitución pudiera optimizar aún más los resultados en investigaciones futuras.

Se detallan los procedimientos en laboratorio y los procesos más importantes de calidad de cada uno de los ensayos en base a las NTP correspondientes:

- Granulometría (NTP 400.012)

La cantidad mínima necesaria de muestra se determina mediante el tamaño Máximo Nominal.

1. Secar la muestra a peso constante a una temperatura de 110 °C ± 5°C.
2. Tamizar el material de muestra por las mallas debidamente ordenadas de mayor a menor abertura, durante el tiempo suficiente que asegure la distribución de las partículas. Evitar la sobrecarga de material sobre un tamiz individual, esto puede ocasionar que no todas las partículas puedan ser distribuidas de manera uniforme y pasar por la abertura.
3. No forzar las partículas a pasar por el tamiz, en el caso que algunas partículas se queden atrapadas en las aberturas del tamiz, usar una escobilla de metal o plástico.
4. Pesar el material retenido en cada uno de los tamices (P_r).
5. Sumar todos los pesos del material retenido en cada uno de los tamices para obtener el peso final
6. Calcular el porcentaje retenido (r_n) en cada una de las mallas:

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

$$r_n = \frac{P_r}{P_f} \cdot 100$$

7. Posteriormente calcular el porcentaje retenido acumulado (R_n).

8. Calcular el porcentaje que pasa (P_n):

$$P_n = 100\% - R_n$$

9. Finalmente, calcular el Módulo de fineza

- Para Agregado Grueso:

$$mg = \frac{\sum \%Ret.Acum.(3", 1\ 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100}{100}$$

- Para Agregado Fino:

$$mf = \frac{\sum \%Ret.Acum.(3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100}{100}$$

✓ **Proceso de calidad**

Asegurarse de que los tamices estén calibrados y en buen estado. Utilizar la masa mínima de muestra correspondiente al tamaño nominal máximo. Observar la temperatura y la humedad del laboratorio. Repetir la prueba si la pérdida de tamiz es inusualmente alta.

- Contenido de humedad de agregados (NTP 339.185)

Deberá disponerse de una muestra representativa, la cual se determina mediante el tamaño Máximo Nominal.

1. Pesar la muestra en su estado natural de humedad.

2. Colocar la muestra en una bandeja capaz de soportar una temperatura uniforme de 110 °C ± 5°C.

3. Secar la muestra en el horno durante 24 horas.

4. Pesar la muestra al día siguiente en estado seco.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

w= % de contenido de humedad

P_h= Masa de la muestra en estado natural.

P_s= Masa de la muestra en estado seco.

$$w = \frac{P_h - P_s}{P_s} \cdot 100$$

✓ **Proceso de calidad**

Uso de balanza calibrada, control estricto de la temperatura y tiempo de secado. Estos datos se usan luego para corregir agua de mezcla en diseños.

- Peso específico y Absorción del agregado grueso (NTP 400.02)

La cantidad mínima necesaria de muestra se determina mediante el tamaño Máximo Nominal.

1. Tamizar el material por el tamiz #4, usar el material retenido en el tamiz #4.
2. Sumergir el agregado en agua durante un periodo de 24 horas, a temperatura ambiente.
3. Retirar el material del agua y secarlo con una toalla hasta llegar al estado SSS (Saturado Superficialmente Seco), secar por separado los fragmentos más grandes, pesar la muestra (Peso SSS)
4. Colocar la muestra en la canastilla, sumergirla en el recipiente con agua y pesar la muestra.
5. Secar la muestra a peso constante a una temperatura de 110 °C ± 5°C, registrar el peso seco.

Peso específico de masa (**Pe_m**):

$$Pe_m = \frac{A}{B - C}$$

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Peso específico (**SSS**):

$$Pe_{sss} = \frac{B}{B - C}$$

Peso específico aparente (**Pe_a**):

$$Pe_a = \frac{A}{A - C}$$

Porcentaje de absorción:

$$\%Abs = \frac{B - A}{A} \cdot 100$$

A: Peso de las partículas de agregado seco en horno.

B: Peso de las partículas de agregado más el peso del agua llena en los poros.

C: Peso de las partículas de agregado en condición SSS sumergidas en agua.

✓ **Proceso de calidad**

Garantizar que el material se encuentre en condición de saturación superficial seca (SSD), ya que solo en este estado se evita que el agregado retenga agua en la superficie o absorba agua durante el ensayo, lo cual alteraría el peso y el volumen medido.

- Peso específico y Absorción del agregado fino NTP 400.022)

La cantidad mínima necesaria de muestra se determina mediante el tamaño Máximo Nominal.

1. Realizar el cuarteo de la muestra.
2. Pesar una muestra representativa de agregado fino.
3. Saturar la muestra por un periodo de 24 horas. Para luego, retirar el agua y secar la muestra al aire libre.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

4. Añadir la muestra al molde cónico realizando 25 golpes con el pisón por caída libre a una distancia de 5mm para luego retirar el molde cónico, verificando la forma de la muestra y determinando si se encuentra en estado Saturado Superficialmente Seco.

5. Se identifica la muestra en estado Saturado Superficialmente Seco cuando al realizar el ensayo y retirar el molde, se desmorona al primer golpe.

6. Introducir la muestra en estado SSS a un picnómetro y llenar con agua hasta alcanzar el 90% de su capacidad.

7. Agitar el picnómetro con el objetivo de eliminar las burbujas de aire que se encuentren dentro. Dejar reposar el contenido para luego determinar la masa el picnómetro, la muestra y el agua.

8. Extraer el agua del picnómetro tratando de no perder la muestra.

Peso específico de masa:

$$\gamma d = (\frac{a}{b + s - c})$$

γ d = Peso específico de masa.

a = Masa de la muestra seca.

b = Masa del picnómetro más masa del agua.

s = Masa de la muestra SSS.

c = Masa de la arena SSS, masa del picnómetro y peso del agua.

Peso específico aparente:

$$\gamma d = (\frac{a}{b + a - c})$$

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

γ = Peso específico aparente.

a = Masa de la muestra seca.

b = Masa del picnómetro más masa del agua

c=Masa de la arena SSS, masa del picnómetro y peso del agua

Porcentaje de absorción:

$$Absorción(\%) = (\frac{500 - a}{a}) * 100$$

Absorción (%) = Porcentaje de absorción.

a = Masa de la muestra seca.

✓ **Proceso de calidad**

Calibrar balanza y picnómetro/recipiente de desplazamiento, garantizar saturación correcta (tiempo y método), evitar pérdidas de finos y reportar densidades con indicación del método.

- Ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso y fino (NTP 400.017)

Peso unitario suelto:

1. Determinar la masa y el volumen del recipiente.
2. Añadir la muestra de agregado fino al recipiente.
3. Luego de añadir la muestra nivelar la superficie del recipiente con una varilla.
4. Determinar el peso del recipiente con la muestra de agregado suelto.

Peso unitario compactado:

1. Determinar la masa y el volumen del recipiente.
2. Añadir la muestra de agregado fino al recipiente en tres capas, compactando la muestra con la varilla unas 25 veces por capa de forma uniforme.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

3. Luego de añadir la muestra nivelar la superficie del recipiente con la varilla.
4. Determinar la masa recipiente con la muestra de agregado compactado.

Peso unitario suelto

$$PUS = \frac{W_s}{V}$$

Ws = Peso del agregado suelto

V = Volumen del recipiente

Peso unitario compactado

$$PUC = \frac{W_c}{V}$$

Wc = Peso del agregado suelto

V = Volumen del recipiente

✓ **Proceso de calidad**

Es esencial controlar que el llenado del recipiente se realice de forma uniforme, evitando golpes o acomodo manual en la condición suelta y aplicando la compactación correcta según la norma en la condición compactada.

- Elaboración de mezcla y especímenes de concreto en laboratorio (NTP 339.183)

a) Mezcla de concreto:

1. Pesar las cantidades de cada uno de los materiales (cemento, agregado fino, ladrillo triturado, agregado grueso, agua y aditivo) de acuerdo con la dosificación corregida por humedad.
2. Humedecer el trompo, esto con el fin de evitar que absorba el agua que se usará en la mezcla; de igual manera, humedecer todo el equipo de laboratorio que esté en contacto con el concreto.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

3. Agregar el agregado grueso con una pequeña cantidad de agua, mezclar hasta que se humedezca el agregado.
4. Agregar el agregado fino, cemento y el resto del agua agregarla de a pocos.
5. Luego de que todos los ingredientes estén en la mezcladora, mezclar durante 3 minutos.
6. Dejar reposar la mezcla durante 3 minutos. Colocar una tapa en la mezcladora, para evitar la evaporación.
7. Agregar el aditivo.
8. Mezclar durante 2 minutos más.
9. Descargar la mezcla en un buggie con el trompo encendido y golpear el trompo con un martillo para que caiga toda la muestra.
10. Sacar la muestra con un badilejo.
11. Homogeneizar la muestra con una pala.

b) Elaboración de probetas

1. Colocar los moldes sobre una superficie rígida libre de vibraciones.
2. Llenar el molde en 3 capas de aproximadamente igual volumen, varillar cada capa con 25 golpes con ayuda de una varilla compactadora.
3. Varillar la primera capa en todo su espesor. Distribuir los golpes de manera uniforme en toda la sección.
4. Para la segunda y tercera capa, varillar cada capa de manera que la varilla penetre la capa inferior aproximadamente 25 mm (1 pulgada).
5. En la última capa, llenar en molde con una cantidad de concreto exacta, no añadir muestras no representativas para terminar de llenar el molde.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

6. Después de cada capa varillada, golpear suavemente los lados de los moldes 15 veces con ayuda de un martillo de goma, esto con el fin de eliminar vacíos producto del varillado y burbujas atrapadas.
7. Enrasar la superficie del concreto alisándolo, evitar depresiones.
8. Cubrir los especímenes para evitar la evaporación, preferiblemente con un material no absorbente, no reactivo.
9. Desmoldar los especímenes después de 24 h ± 8 h después del vaciado.
10. Todos los especímenes deben ser curados con humedad a temperatura 23 °C ± 2 °C, desde el tiempo de moldeado hasta el momento del ensayo.

- Ensayo de determinación de temperatura del concreto fresco (NTP 339.184)

1. Humedecer el recipiente
2. Colocar la muestra de concreto en el recipiente.
3. Introducir el sensor del termómetro de manera que quede cubierto por al menos 75 mm de recubrimiento de concreto en todas las direcciones.
4. Dejar el dispositivo en el concreto fresco por al menos 2 minutos, pero no más de 5 minutos, tomar nota de la temperatura sin retirar el dispositivo.

- Ensayo de asentamiento - Slump (NTP 339.035)

1. Humedecer el molde y colocarlo sobre una superficie nivelada no absorbente y húmeda.
2. Durante el llenado, fijar el molde pisando las aletas.
3. Vaciar la mezcla en tres capas, cada capa deberá ser apisonada 25 veces por la varilla compactadora.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

4. La primera capa se compacta en todo su espesor. La segunda y tercera capa se compactan de manera que se penetre la capa inferior.

5. La última capa se llena por exceso antes de compactarla.

6. Enrasar rodando la barra en la parte superior del cono.

7. Asegurar firmemente el molde contra la base y eliminar el concreto sobrante alrededor del molde.

8. Retirar inmediatamente el molde levantándolo de manera vertical. Evitar los movimientos laterales. La operación desde el llenado hasta su retiro se debe hacer de manera interrumpida y en un tiempo no mayor a 2,5 min.

9. Se mide inmediatamente el asentamiento, se determina por la diferencia entre la altura del molde y la del centro desplazado de la cara superior del cono deformado.

10. En caso de que presente una falla por corte, en donde se aprecie una separación de la masa, el ensayo debe ser desechado, se debe realizar un nuevo ensayo con otra parte de la muestra.

✓ **Proceso de calidad**

La superficie debe estar nivelada y limpia, el cono y regla deben estar húmedos, el tiempo entre muestreo y ensayo debe ser controlado, es decir no exceder el tiempo permitido, repetir 3 ensayos si se requiere verificación.

- Ensayo de contenido de aire (NTP 339.046)

1. Colocar el concreto en el recipiente en 3 capas de aproximadamente igual volumen, mover la cuchara alrededor del perímetro interno del recipiente para asegurar una distribución homogénea del concreto.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

2. Apisonar cada capa con 25 golpes, distribuir los golpes de manera uniforme. Apisonar la capa del fondo en todo su espesor, pero evitar que la varilla golpee fuertemente el fondo del recipiente.

3. Para la segunda y tercera capa, la varilla compactadora debe penetrar al menos 25 mm de la capa inferior.

4. Después de cada capa apisonada se debe golpear con el martillo de goma los lados del recipiente, de 10 a 15 veces, usando una fuerza apropiada para eliminar las burbujas de aire entrampadas.

5. En la capa final, el recipiente no debe contener un exceso sustancial. Un exceso que sobre sale 3 mm del borde superior se considera aceptable. Puede agregarse una cantidad pequeña de concreto para corregir la falta de material. Si el recipiente de medida contiene un gran exceso de concreto, retirar una muestra representativa con ayuda de un cucharon.

6. Alisar el borde superior del recipiente con mucho cuidado hasta dejarlo lleno y nivelado.

7. Después del alisado, limpiar el exceso de concreto y de las paredes exteriores. Determinar la masa del concreto.

8. Ensamblar el aparato. Se cierra la válvula entre la cámara y el recipiente y se abren los dos grifos de la cubierta.

9. Por medio de una pera de caucho, se inyecta agua a través de uno de los grifos, hasta que el agua salga por el otro. Golpear suavemente la tapa del medidor para eliminar las burbujas de aire atrapadas.

10. Se cierra la válvula de la cámara y se bombea aire hasta que el puntero del manómetro coincida con la línea de presión inicial.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

11. Estabilizar el puntero del manómetro en la línea de presión inicial bombeando o dejando escapara aire y golpear suavemente.

12. Se cierran ambos grifos. Se abren la válvula que comunica la cámara de presión y el recipiente. Golpear vigorosamente el recipiente, a continuación, golpear suavemente el manómetro y leer el porcentaje de aire. Antes de remover la cubierta se abren ambos grifos.

✓ **Proceso de calidad**

Verificar que el equipo esté limpio, calibrado y herméticamente sellado, evitando fugas que modifiquen la presión durante el ensayo.

- Resistencia a la compresión del concreto (NTP 339.034)

1. Los cilindros deben medirse y pesarse antes del ensayo.
2. Revisar posibles defectos: grietas, nidos de piedra, deformación o bordes dañados.
3. Centrar el cilindro cuidadosamente en la máquina, alineando su eje con el eje de carga.
4. Verificar que las placas hagan contacto uniforme con la superficie del espécimen.
5. Asegurarse de que no existan partículas que impidan un asentamiento correcto.
6. Registrar la carga máxima aplicada en el momento de la falla.
7. Observar y documentar el tipo de falla.

✓ **Proceso de calidad**

La máquina de compresión debe estar calibrada, las probetas deben ser almacenadas en un lugar que garantice el curado uniforme (temperatura y humedad), medir las probetas (diámetro y altura), ensayar mínimo 3 especímenes por edades para promediar.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

6.5. Alcances y limitaciones

6.5.1. Alcance

El presente estudio se lleva a cabo en la ciudad de Lima, específicamente en la zona de Huachipa, en donde se localiza la ladrillera que proporciona el ladrillo reciclado como insumo principal en este proceso. Los ensayos de laboratorio se realizarán en el Laboratorio de Concreto de la Universidad Científica del Sur, Villa El Salvador, Lima.

El estudio se centra en el análisis experimental del comportamiento del concreto al sustituir parcialmente el agregado fino por ladrillo reciclado triturado. Se evaluará su efecto en las propiedades físicas y mecánicas del concreto con reemplazo de ladrillo reciclado triturado en proporciones de 15%, 20% y 25%, en el cual se busca determinar si esta alternativa es viable y sostenible en la producción de concreto, se considerará una resistencia de 210 kg/cm².

Para asegurar la trabajabilidad de las mezclas de concreto que incorporan ladrillo reciclado triturado como sustituto parcial de agregado fino y reducir los posibles efectos negativos debido a la absorción del ladrillo, se incorporará un aditivo superplastificante en cada una de las dosificaciones. Se realizará una muestra patrón sin incorporar ladrillo reciclado triturado ni aditivo superplastificante, con el fin de realizar una comparación final entre las dosificaciones. El análisis de la resistencia a la compresión del concreto se realizará a las edades de 7, 14 y 28 días, de acuerdo con el procedimiento establecido por la NTP 339.034. Este alcance permitirá obtener resultados confiables en cuanto a la resistencia a la compresión, aunque debe considerarse que la validez de los resultados estará limitada a las proporciones analizadas (15%, 20% y 25%), al tipo de aditivo empleado y a las condiciones específicas de laboratorio, lo cual hace que no se puedan utilizar los resultados para otras condiciones o mezclas que no se hayan probado.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

6.5.2. Limitaciones

En cuanto a las limitaciones en el estudio, una de las primeras dificultades fue la obtención del material principal, es decir el ladrillo reciclado, pues no todas las ladrilleras acceden a proporcionar sus residuos de ladrillo. Luego de una búsqueda extensa, se logró coordinar con una ladrillera ubicada en Huachipa, que permitió el acceso al material reciclado requerido para la investigación.

Debido a la capacidad restringida del laboratorio, la investigación busca evaluar la resistencia a la compresión, ya que el laboratorio no cuenta con los instrumentos necesarios para determinar la resistencia a la tracción, la resistencia a la flexión y módulo de elasticidad. Esta limitación restringe la validez interna del estudio, ya que impide realizar una caracterización más amplia del comportamiento estructural del concreto con agregado reciclado, reduciendo el análisis a un único parámetro mecánico.

No obstante, la resistencia a la compresión se considera un indicador suficiente para los fines de este estudio, ya que constituye el parámetro de control más empleado en el diseño y control de calidad del concreto estructural en el contexto peruano, conforme a la NTP 339.034, y permite una primera aproximación válida sobre la viabilidad del uso de ladrillo reciclado triturado como sustituto parcial del agregado fino. En cuanto a la validez externa, los resultados obtenidos no deben generalizarse a condiciones distintas de las evaluadas en este estudio (tipo de cemento, procedencia del ladrillo reciclado, dosis de aditivo y rango de sustitución de 15% a 25%), por lo que su aplicación a otros contextos, tipos de ladrillo reciclado o resistencias de diseño diferentes a f'c = 210 kg/cm² requeriría validación experimental adicional.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

6.6. Plan de análisis de datos

El análisis de los datos obtenidos se realiza en dos fases: una primera de estadística descriptiva y una segunda de estadística inferencial, con el propósito de caracterizar el comportamiento de la resistencia a la compresión de cada mezcla y de contrastar estadísticamente si la incorporación de ladrillo reciclado triturado, en combinación con el aditivo superplastificante Sikament 290N, mejora dicha propiedad respecto al valor de diseño y respecto a la mezcla patrón.

6.6.1. Estadística descriptiva

Para cada mezcla (patrón, 15%, 20% y 25% de sustitución, con y sin aditivo) y para cada edad de curado (7, 14 y 28 días), se calcula a partir de los valores individuales de las tres probetas ensayadas, la media ($\bar{x}$), la varianza muestral (s^2), la desviación estándar (s) y el coeficiente de variación (CV), mediante las siguientes expresiones:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$\bar{s}^2 = \frac{\sum (x_i + \bar{x})^2}{n - 1}$$

$$s = \sqrt{s^2}$$

$$CV\ (\%) = \frac{s}{\bar{x}} * 100$$

6.6.2. Planteamiento de las hipótesis estadísticas

Dado que la hipótesis general de la investigación postula que el uso de ladrillo reciclado triturado, en combinación con el aditivo superplastificante, mejora (es decir, incrementa) las propiedades mecánicas del concreto, la prueba de hipótesis se plantea de forma unilateral (cola derecha), tomando como valor de referencia la resistencia de diseño $\mu_0 = 210$ kg/cm²:

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Hipótesis nula (H_0): $\mu \leq 210$ kg/cm². La resistencia media del concreto no supera la resistencia de diseño (no mejora).

Hipótesis alterna (H_1): $\mu > 210$ kg/cm². La resistencia media supera la resistencia de diseño (sí mejora).

Se estableció un nivel de significancia $\alpha = 0.05$. Por tratarse de una prueba unilateral, toda la región de rechazo (5%) se ubica en la cola derecha de la distribución.

6.6.3. Selección del estadígrafo de prueba.

Debido a que el tamaño de muestra empleado en cada mezcla y edad fue reducido (n = 3 probetas) y la desviación estándar poblacional (σ) no se conoce, no corresponde aplicar el estadístico Z, el cual es válido únicamente cuando se conoce σ o cuando $n \geq 30$. Por ello, se empleó la prueba t de Student para una media, que utiliza la desviación estándar de la propia muestra (s) y se ajusta al tamaño reducido mediante los grados de libertad ($gl = n - 1 = 2$):

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \qquad gl = n - 1$$

El valor crítico correspondiente, para $\alpha = 0.05$ y $gl = 2$, es t crítico = 2.920.

Por ende, si t calculado > 2.920, se rechaza H_0 y se concluye que la mezcla supera significativamente la resistencia de diseño; si t calculado ≤ 2.920, no existe evidencia estadística suficiente para afirmar la mejora.

De manera complementaria, se calculó también el estadígrafo Z, únicamente como referencia, utilizando la misma fórmula y la desviación estándar muestral (s) en lugar de σ:

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$$

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Cuyo valor crítico, para $\alpha = 0.05$ a una cola, es Z crítico = 1.645. Por tratarse de una muestra pequeña, el criterio estadísticamente válido es el de la prueba t, mientras que la Z se reporta solo de manera referencial, en concordancia con el plan de análisis de datos.

Regla de decisión: si t calculado > 2.920 (criterio principal), se rechaza H_0 y se concluye que la mezcla supera significativamente la resistencia de diseño; si t calculado ≤ 2.920, no existe evidencia estadística suficiente para afirmar la mejora.

VII. Análisis y resultados

En el siguiente capitulo se presentan los materiales utilizados y los resultados obtenidos de los ensayos físicos realizados a los agregados utilizados en la investigación. Para obtener una información clara y precisa, los resultados se presentan en tablas y figuras. Estos resultados presentados son importantes para determinar el objetivo general y objetivos específicos.

7.1. Cemento

Para la elaboración de las mezclas de concreto se empleará cemento Sol Tipo I, en presentación de bolsas de 42.5 kg, el cual cumple con los requisitos establecidos por la Norma Técnica Peruana NTP 334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150. Este tipo de cemento es adecuado para construcciones en general, garantiza una buena trabajabilidad, resistencia y durabilidad del material.

Se presenta la Tabla 5 que muestra las propiedades físicas y químicas del cemento Sol, en comparación con los requisitos establecidos por la NTP 334.009/ASTM C-150.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Tabla 5

Propiedades físicas y químicas del cemento Sol Tipo I

Parámetro	Unidad	Cemento Sol	Requisitos NTP 334.009/ASTM C-150.
Contenido de aire	%	6.62	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.08	Máximo 0.80
Superficie específica	m^2/kg	336	Mínimo 260
Densidad	g/ml	3.12	No específica
Resistencia a la compresión			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm^2	310	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm^2	377	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm^2	438	Mínimo 285
Tiempo de fraguado			
Fraguado Vicat inicial	min	127	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	305	Mínimo 375
Composición química			
MgO	%	2.93	Máximo 6.0
SO_3	%	3.00	Máximo 3.5
Pérdida al fuego	%	1.92	Máximo 3.5
Residuo insoluble	%	0.7	Máximo 1.5
Fases mineralógicas			
C_2S	%	11.9	No específica
C_3S	%	54.2	No específica
C_3A	%	10.1	No específica
C_4AF	%	9.7	No específica

Nota. Tabla extraída de ficha técnica de Cemento Sol - UNACEM

7.2. Agregados

Se emplearon agregados extraídos de la Cantera Agrexa, siguiendo los protocolos de transporte. Asimismo, se verificó que el material cumpla con los estándares de calidad requeridos para su uso en la elaboración del concreto. Aunque los agregados fueron extraídos de una cantera que realiza su propio control de calidad, se llevaron a cabo ensayos a los agregados conforme a las NTP, con el fin de verificar y garantizar la calidad de los materiales empleados

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

7.2.1. Agregado grueso

Se realizaron ensayos de laboratorio para determinar sus características físicas. En la Tabla 6 se detalla el análisis granulométrico en base a la NTP 400.012.

Tabla 6

Análisis granulométrico del agregado grueso

# Tamiz	Peso retenido (g)	% Total	% Acumulado	% Pasa
3”	0.00	0.00	0.00	100
1 ½”	0.00	0.00	0.00	100
1”	451.70	9.03	9.03	90.97
3/4”	3149.80	62.99	72.02	27.98
1/2”	1388.60	27.77	99.79	0.21
3/8”	0.00	0.00	99.79	0.21
N°4	5.80	0.12	99.91	0.09
N°8	0.60	0.01	99.92	0.08
N°16	0.30	0.01	99.93	0.07
N°30	0.40	0.01	99.94	0.06
N°50	0.20	0.00	99.94	0.06
N°100	0.70	0.01	99.95	0.05
FONDO	2.30	0.05	100.00	0.00
TOTAL	5000.40	100		

Nota. Resultados del análisis granulométrico de agregado grueso, ver Ficha 1 de protocolo de ensayo de granulometría. (Ver Anexo 2)

Con los resultados obtenidos del análisis granulométrico, se calcula el módulo de finura del agregado grueso en base a la siguiente formula:

$$MF = \frac{\sum \%Acum.ret\ (1\ 1/2" + 3/4" + 3/8" + N°4 + N°8 + N°16 + N°30 + N°50 + N°100)}{100}$$

$$MF = 7.71$$

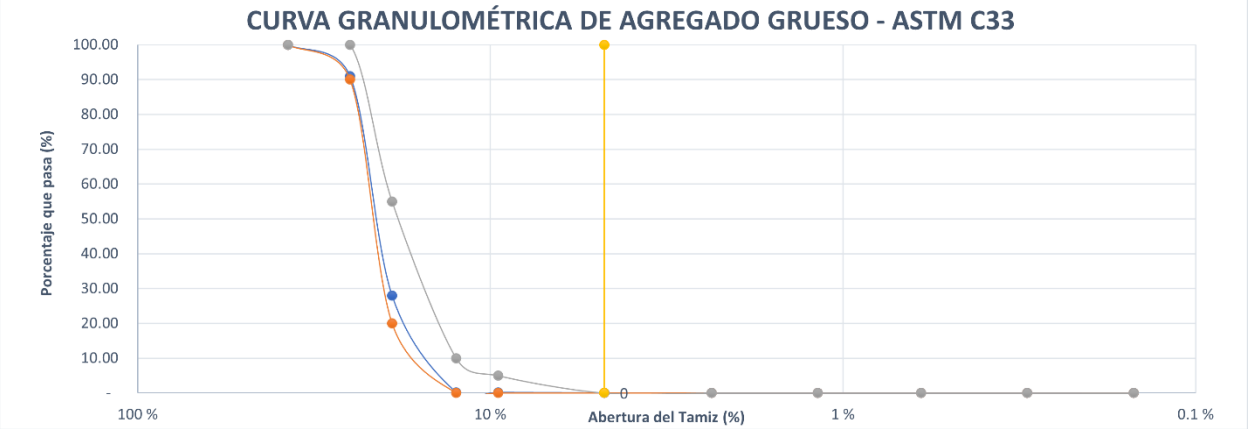
La Figura 1 muestra la curva granulométrica obtenida en el ensayo de Granulometría del agregado grueso.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Figura 1

Curva granulométrica del agregado grueso



Nota. Elaboración propia.

La Tabla 7 muestra los resultados del ensayo de peso específico y absorción en base a la NTP 400.021.

Tabla 7

Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso

Descripción	Unidad	Agregado grueso
(A) Masa de la muestra secada al horno	g	2969
(B) Masa de la muestra saturada con superficie seca	g	3000
(C) Masa de la muestra sumergida en agua	g	1912.80
Pem: peso específico de masa = (A/(B-C))	g	2.73
PeSSS: Peso específico de masa saturada con superficie seca = (B/(B-C))	g	2.76
Pea: Peso específico aparente = (A/A-C)	g	2.81
% Absorción ((B-A) /A*100)	%	1.04

Nota. Resultados de peso específico y absorción del agregado grueso, ver Ficha 2 de protocolo de ensayo de granulometría. (Ver Anexo 2)

De igual manera se llevó a cabo el ensayo de peso unitario suelto y compactado en base a NTP 400.017. Los resultados se presentan en las Tablas 8 y 9.

Para el cálculo del peso unitario, se calcula el volumen del recipiente:

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

r=12. 5 cm, h=28 cm

$V = \pi * r^2 * h \quad V = \pi * 12.5^2 * 28 = 13744.47\ cm3$

Tabla 8

Peso unitario compactado del agregado grueso

ID	Descripción	Unidad	1	2	3	Resultado
A	Peso del molde	g	5687	5687	5687	5687
B	Peso del molde + AG compactado	g	27804	28091	27952	27949
C	Peso del AG Compactado C= B-A	g	22117	22404	22265	22262
D	PESO UNITARIO COMPACTADO D= C/Vol, Molde	g/cm^3	1.61	1.63	1.62	**1.62**

Nota. Resultados de peso unitario compactado del agregado grueso, ver Ficha 3 de protocolo de ensayo de peso unitario. (Ver Anexo 2)

Tabla 9

Peso unitario suelto del agregado grueso

ID	Descripción	Unidad	1	2	3	Resultado
E	Peso del molde + AG suelto	g	25996	26213	26183	26130
F	Peso del AG Suelto F= E-A	g	20309	20526	20496	20443
G	PESO UNITARIO SUELTO D= F/Vol, Molde	g/cm^3	1.48	1.49	1.49	**1.49**

Nota. Resultados de peso unitario suelto del agregado grueso, ver Ficha 4 de protocolo de ensayo de peso unitario. (Ver Anexo 2)

En base a NTP 339.185, la Tabla 10 detalla los resultados del ensayo de humedad:

Tabla 10

Contenido de humedad del agregado grueso

ID	DESCRIPCIÓN	UND	AGREGADO GRUESO
B	Peso del recipiente	gr	1170
C	Recipiente + Material natural	gr	5170
D	Recipiente + Material seco	gr	5155
E	Peso del material húmedo Ph = C-B	gr	4000

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

F	Peso del material seco Ps = D-B	gr	3985
W%	Porcentaje de humedad (E-F/F) *100	gr	0.38%

Nota. Resultados de contenido de humedad, ver Ficha 3 de protocolo de ensayo de granulometría. (Ver Anexo 2)

7.2.2. Agregado fino

Se realizaron ensayos de laboratorio, en base a la NTP 400.012. Los resultados se muestran en la Tabla 11:

Tabla 11

Análisis granulométrico del agregado fino

# Tamiz	Peso retenido (g)	% Total	% Acumulado	% Pasa
3/8”	0.00	0.00	0.00	100
N°4	29.90	6.00	6.00	94.00
N°8	75.50	15.16	21.16	78.84
N°16	67.40	13.53	34.69	65.31
N°30	72.10	14.48	49.17	50.83
N°50	71.20	14.29	63.46	36.54
N°100	86.80	17.43	80.89	19.11
FONDO	95.20	19.11	100.00	0.00
TOTAL	498.10	100		

Nota. Resultados del análisis granulométrico de agregado fino.

Con los resultados obtenidos del análisis granulométrico, se calcula el módulo de finura del agregado fino en base a la siguiente formula:

$$MF = \frac{\sum \%Acum.ret\ (3/8" + N°4 + N°8 + N°16 + N°30 + N°50 + N°100)}{100}$$

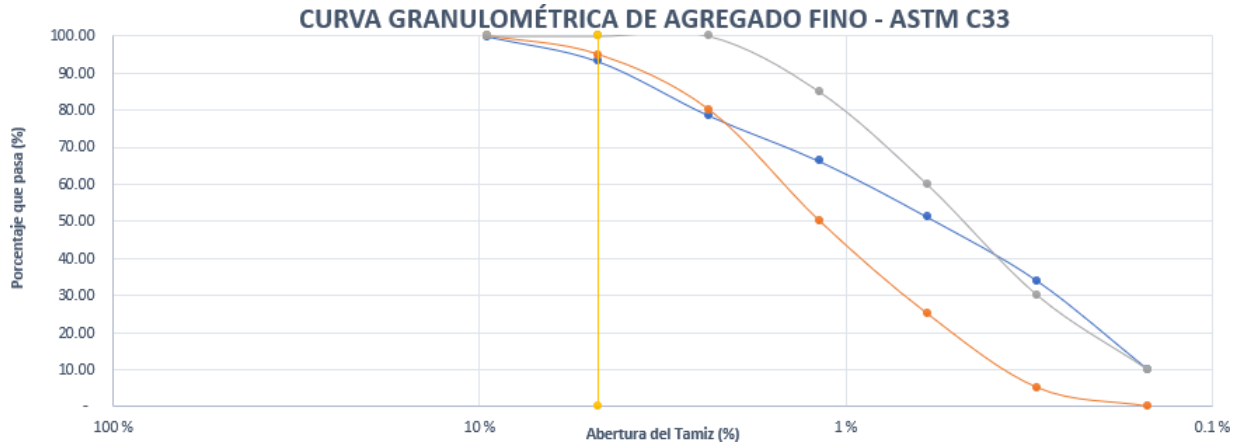
$$MF = 2.55$$

Figura 2

Curva granulométrica del agregado fino

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR



Nota. Elaboración propia.

Como se observa en la figura 2, el agregado fino no cumple con la curva granulométrica, por lo que se procede a realizar una nueva granulometría. La cual se detalla en la Tabla 12.

Tabla 12

Análisis granulométrico del agregado fino corregida

# Tamiz	Peso retenido (g)	% Total	% Acumulado	% Pasa
3/8”	0.00	0.00	0.00	100
N°4	39.70	3.97	3.97	96.03
N°8	156.10	15.62	19.59	80.41
N°16	135.40	13.55	33.13	66.87
N°30	258.80	25.89	59.02	40.98
N°50	321.50	32.16	91.19	8.81
N°100	78.30	7.83	99.02	0.98
FONDO	9.80	0.98	100.00	0.00
TOTAL	999.60	100		

Nota. Resultados del análisis granulométrico de agregado fino, ver Ficha 1 de protocolo de ensayo de granulometría. (Ver Anexo 2)

Con los resultados obtenidos del análisis granulométrico, se calcula el módulo de finura del agregado fino en base a la siguiente formula:

$$MF = \frac{\sum \%Acum.ret\ (3/8" + N°4 + N°8 + N°16 + N°30 + N°50 + N°100)}{100}$$

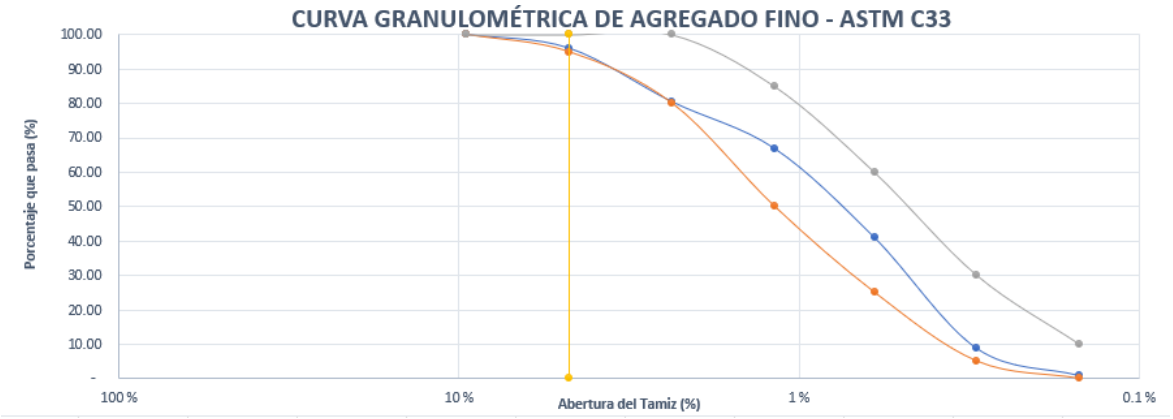
$$MF = 3.06$$

La Figura 3 muestra que el agregado fino cumple con la curva granulométrica.

Figura 3

Curva granulométrica del agregado fino corregida

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis



Nota. Elaboración propia.

Ahora se observa en la Figura 3, que la curva granulométrica del agregado fino cumple con los límites establecidos para un huso 5.

También se llevó a cabo el ensayo de peso específico y absorción en base a la NTP 400.022. Los resultados se presentan en la Tabla 13.

Tabla 13

Ensayo de peso específico del agregado fino

Descripción	Unidad	Agregado fino
(a) Masa de la muestra secada al horno	g	494
(b) Masa del picnómetro llenado de agua hasta la marca de calibración	g	691.7
(c) Masa del picnómetro llenado de muestra y agua hasta la marca de calibración	g	1006.9
(s) Masa de la muestra saturada superficialmente seca	g	500
(**Pem**) PESO ESPECÍFICO DE MASA	g	2.67
(**PeSSS**) PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	g	2.71
(**Pea**) PESO ESPECÍFICO APARENTE	g	2.76
(**% Abs**) PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	1.21

Nota. Resultados de peso específico y absorción del agregado fino, ver Ficha 2 de protocolo de ensayo de granulometría. (Ver Anexo 2)

Las siguientes expresiones permiten determinar el peso específico y la absorción del agregado fino, de acuerdo con el procedimiento descrito en la Ficha 2 del protocolo de granulometría:

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

$$\boldsymbol{Pem} = \left(\frac{a}{b+s-c}\right);\ \boldsymbol{PeSS} = \left(\frac{s}{b+s-c}\right);\ \boldsymbol{Pea} = \left(\frac{a}{b+a-c}\right);\ \%\boldsymbol{Abs} = \left(\frac{s-a}{a}\right) * 100$$

De igual manera, se llevó a cabo el ensayo de peso unitario suelto y compactado en base a NTP 400.017. Los resultados se presentan en la tabla 14 y 15.

Para el cálculo del peso unitario, se calcula el volumen del recipiente:

r=7. 5 cm, h=16 cm

$V = \pi * r^2 * h \quad V = \pi * 7.5^2 * 16 = 2827.43\ cm3$

Tabla 14

Peso unitario compactado del agregado fino

ID	Descripción	Unidad	1	2	3	Resultado
A	Peso del Molde	g	1685	1685	1685	1685
B	Peso del Molde +AF	g	7009	7083	7045	7045.67
C	Peso del AF compactado, C = B-A	g	5324	5398	5360	5360.67
D	PESO UNITARIO COMPACTADO D = C/Vol Molde	g/cm3	1.88	1.91	1.89	**1.90**

Nota. Resultados de peso unitario compactado del agregado fino, ver Ficha 4 de protocolo de ensayo de peso unitario. (Ver Anexo 2)

Tabla 15

Peso unitario suelto del agregado fino

ID	Descripción	Unidad	1	2	3	Resultado
E	Peso del molde + AF suelto	g	6548	6518	6537	6534
F	Peso del AF suelto, F = E - A	g	4863	4833	4852	4849
G	PESO UNITARIO SUELTO, G= F/Vol. Molde	g/cm3	1.72	1.71	1.72	**1.72**

Nota. Resultados de peso unitario compactado del agregado grueso, ver Ficha 4 de protocolo de ensayo de peso unitario. (Ver Anexo 2)

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Resultados del ensayo contenido de humedad en base a NTP 339.185. Tabla 16.

Tabla 16

Contenido de humedad del agregado fino

ID	DESCRIPCIÓN	UND	AGREGADO FINO
B	Peso del recipiente	gr	78
C	Recipiente + Material natural	gr	578
D	Recipiente + Material seco	gr	573.1
E	Peso del material húmedo Ph = C-B	gr	500
F	Peso del material seco Ps = D-B	gr	495.1
W%	Porcentaje de humedad (E-F/F) *100	gr	0.99%

Nota. Resultados de contenido de humedad, ver Ficha 3 de protocolo de ensayo de granulometría. (Ver Anexo 2)

En la Tabla 17 se muestran los resultados del ensayo de Granulometría que se realizó al ladrillo triturado.

Tabla 17

Análisis granulométrico del ladrillo triturado

# Tamiz	Peso retenido (g)	% Total	% Acumulado	% Pasa
3/8”	0.00	0.00	0.00	100
N°4	3.50	0.70	0.70	99.30
N°8	46.20	9.28	9.98	90.02
N°16	150.70	30.26	40.24	59.76
N°30	153.00	30.72	70.96	29.04
N°50	57.80	11.61	82.57	17.46
N°100	37.70	7.57	90.14	9.86
FONDO	49.10	9.86	100.00	0.00
TOTAL	498.00	100		

Nota. Análisis granulométrico del ladrillo triturado.

Con los resultados obtenidos del análisis granulométrico, se calcula el módulo de finura del ladrillo triturado en base a la siguiente formula:

$$MF = \frac{\sum \%Acum.ret\ (3/8" + N°4 + N°8 + N°16 + N°30 + N°50 + N°100)}{100}$$

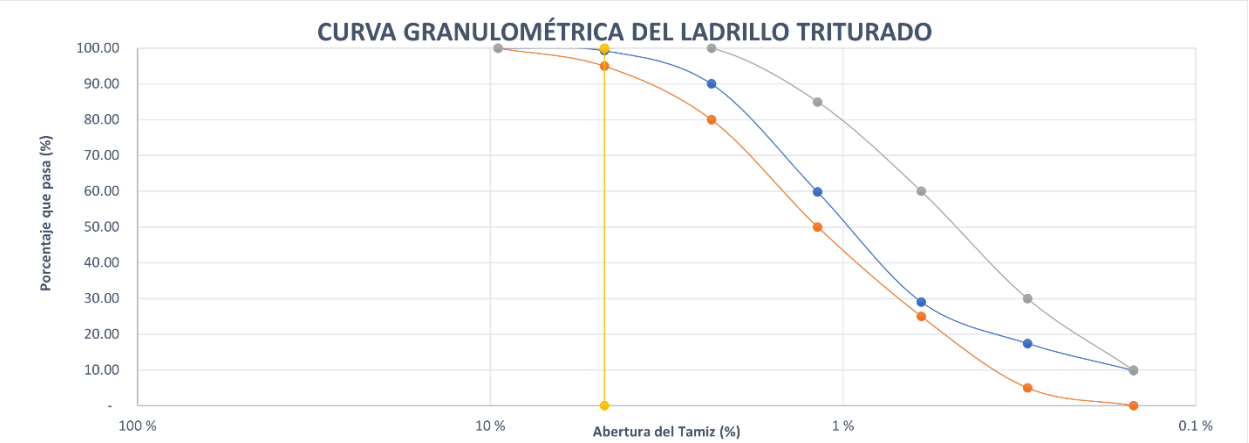
$$MF = 2.95$$

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

En la Figura 4 se muestran la curva granulométrica del ladrillo triturado.

Figura 4

Curva granulométrica de Ladrillo triturado



Nota. Elaboración propia.

De igual manera se llevó a cabo el ensayo de peso específico del ladrillo reciclado triturado, los resultados se observan en la Tabla 18.

Tabla 18

Ensayo de peso específico del ladrillo reciclado triturado

Descripción	Unidad	Agregado fino
(d) Masa de la muestra secada al horno	g	450.8
(e) Masa del picnómetro llenado de agua hasta la marca de calibración	g	648.1
(f) Masa del picnómetro llenado de muestra y agua hasta la marca de calibración	g	936.5
(s) Masa de la muestra saturada superficialmente seca	g	500.0
(Pem) PESO ESPECÍFICO DE MASA	g	2.13
(PeSSS) PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	g	2.36
(Pea) PESO ESPECÍFICO APARENTE	g	2.78
(% Abs) PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	10.91

Nota. Elaboración propia

El ladrillo reciclado triturado empleado en esta investigación presentó un porcentaje de absorción de 10.91%, determinado mediante el ensayo de peso específico y absorción (NTP 400.022), valor considerablemente más alto que el obtenido para el agregado fino natural. Esta

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

elevada absorción se atribuye a la naturaleza porosa del material cerámico triturado. En el desarrollo experimental, el ladrillo reciclado triturado se incorporó a la mezcla sin un proceso previo de saturación ni corrección del agua de mezcla en función de su absorción, lo cual constituye una limitación metodológica del estudio, ya que la elevada capacidad de absorción del material pudo influir en la relación agua/cemento efectiva durante el mezclado, afectando tanto la trabajabilidad como, potencialmente, el desarrollo de la resistencia a la compresión en las distintas mezclas evaluadas.

7.3. Mezcla patrón

Para la elaboración de las mezclas se utilizó el Método de Combinación de Agregados, el cual permite determinar las proporciones optimas de los materiales, estableciéndose una relación agua/cemento de 0.56 para todos los diseños de mezcla.

A continuación, se presenta la Tabla 19, la cual resume las dosificaciones por m^3 de la mezcla patrón, la cual fue diseñado sin incorporación de ladrillo reciclado triturado ni aditivo superplastificante, sirviendo como referencia base para la evaluación y comparación con las demás mezclas ensayadas.

Tabla 19

Dosificación de materiales por m^3 de la mezcla patrón

Material	**Peso por m^3**
Cemento	346 kg/m^3
Agua	194 kg/m^3
Agregado Fino	891 kg/ m^3
Agregado grueso	933 kg/ m^3

Nota. Elaboración propia

Se presentan los resultados obtenidos para la mezcla patrón de concreto, los cuales sirven como referencia para evaluar el desempeño de las mezclas con reemplazo. Estos valores permiten

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

establecer una referencia en términos de trabajabilidad, contenido de aire y resistencia a la compresión.

En cuanto a la trabajabilidad, la mezcla patrón alcanzó un asentamiento de 3", valor que indica una consistencia plástica y adecuada para procesos de mezclado y colocación convencionales. Se observa en la Figura 5.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Figura 5

Asentamiento de mezcla patrón



Nota. Elaboración propia.

En la Figura 6 se observa el ensayo de contenido de aire, el cual reportó un valor de 1.4%, lo cual indica que la mezcla patrón presenta una cantidad mínima de vacíos atrapados.

Figura 6

Contenido de aire de mezcla patrón



Nota. Elaboración propia.

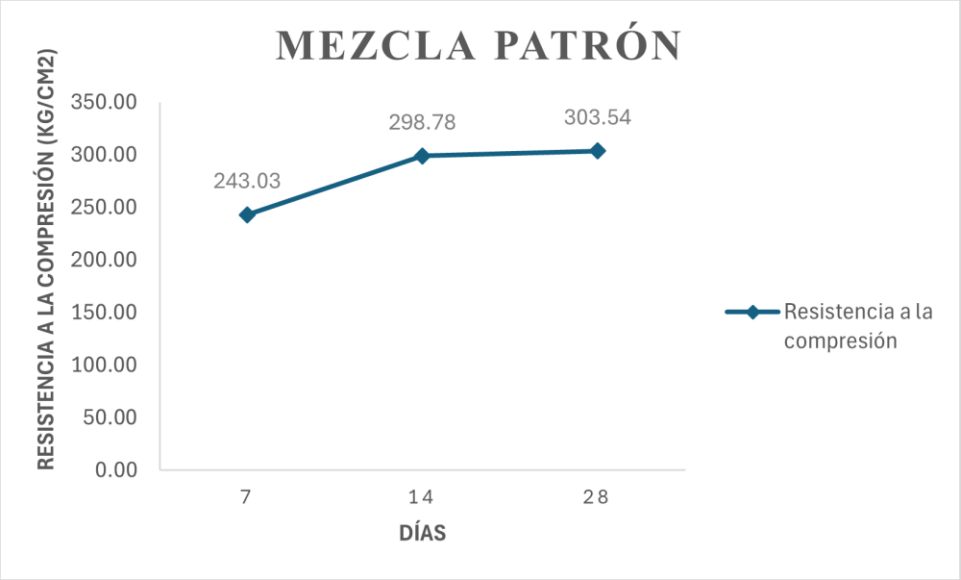
Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

7.3.1. Resistencia a la compresión de mezcla patrón

Para evaluar el comportamiento mecánico de la mezcla patrón, se realizó el ensayo de resistencia a la compresión a diferentes edades de curado. Se ensayaron especímenes a los 7, 14 y 28 días, con el fin de observar la evolución de la ganancia de resistencia. Los valores correspondientes para cada edad se presentan en la Figura 7:

Figura 7

Resistencia a la compresión de mezcla patrón



Nota. Elaboración propia.

Objetivo 1: Determinar como la incorporación del 15% de ladrillo reciclado triturado como reemplazo parcial del agregado fino, en combinación con el uso de un aditivo superplastificante, influye en la mejora de las propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c = 210 kg/cm².

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

7.4. Mezcla con 15% de ladrillo triturado

Se elaboró una mezcla con un 15% de reemplazo parcial de ladrillo triturado en lugar de agregado fino. Esta proporción de reemplazo permite evaluar el efecto del ladrillo reciclado sobre el comportamiento del concreto tanto en estado fresco como en estado endurecido.

En la Tabla 20 se presentan las dosificaciones mor m^3 correspondientes a la mezcla con un 15% de sustitución de agregado fino natural por ladrillo reciclado triturado. Esta mezcla fue diseñada manteniendo las mismas proporciones base de la mezcla patrón en cuanto a cemento, agua y agregado grueso, variando únicamente la cantidad de agregado fino natural reemplazada por ladrillo reciclado triturado en un 15%.

Tabla 20

Dosificación por m^3 de la mezcla con 15% de sustitución de ladrillo reciclado triturado

Material	**Peso por m^3**
Cemento	346 kg/m^3
Agua	194 kg/m^3
Agregado Fino	757 kg/ m^3
Agregado grueso	933 kg/ m^3
Ladrillo (15%)	134 kg/ m^3

Nota. Elaboración propia

En la figura 8 se muestra el ladrillo reciclado triturado.

Figura 8

Ladrillo triturado

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis



Nota. Elaboración propia.

En la Figura 9, se observa el ensayo de asentamiento realizado a la mezcla con 15% de reemplazo registró un valor de 3", lo que indica que es un concreto trabajable.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Figura 9

Asentamiento de mezcla con 15%

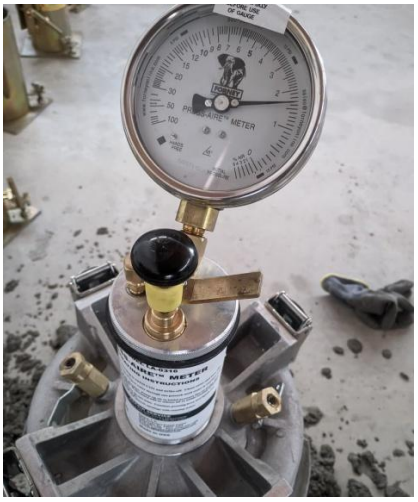


Nota. Elaboración propia.

En cuanto al contenido de aire, se observa en la Figura 10 que la mezcla evaluada presentó un valor de 1.7%, indicando la cantidad de vacíos atrapados en el concreto fresco.

Figura 10

Contenido de aire de la mezcla con 15%



Nota. Elaboración propia.

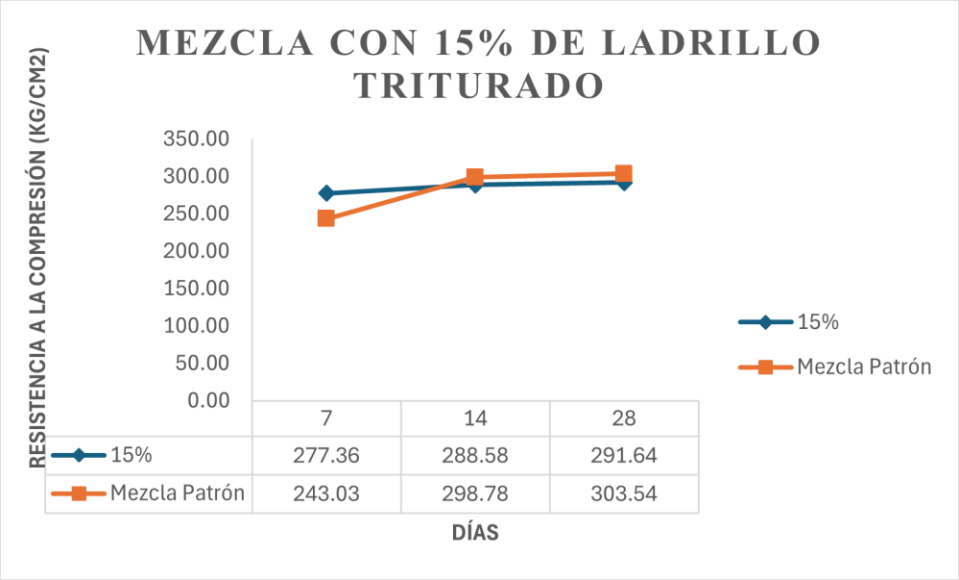
Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

7.4.1. Resistencia a la compresión de mezcla con 15%

Para evaluar el comportamiento mecánico de la mezcla con una sustitución de 15%, se realizó el ensayo de resistencia a la compresión a diferentes edades de curado. Se ensayaron especímenes a los 7, 14 y 28 días, con el fin de observar la evolución de la ganancia de resistencia. Los valores correspondientes para cada edad se presentan en la Figura 11:

Figura 11

Mezcla con 15% de reemplazo de ladrillo triturado



Nota. Elaboración propia.

Objetivo 2: Determinar como la incorporación del 20% de ladrillo reciclado triturado como reemplazo parcial del agregado fino, en combinación con el uso de un aditivo superplastificante, influye en la mejora de las propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c = 210 kg/cm².

7.5. Mezcla con 20% de ladrillo triturado

Se elaboró una mezcla con un 20% de reemplazo parcial de ladrillo triturado en lugar de agregado fino. Esta proporción de reemplazo permite evaluar el efecto del ladrillo reciclado sobre

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

el comportamiento del concreto tanto en estado fresco como en estado endurecido, cuyas dosificaciones se presentan en la Tabla 21:

Tabla 21

Dosificación por m3 de la mezcla con 20% de sustitución de ladrillo reciclado triturado

Material	**Peso por m^3**
Cemento	346 kg/m^3
Agua	194 kg/m^3
Agregado Fino	713 kg/ m^3
Agregado grueso	933 kg/ m^3
Ladrillo (20%)	178 kg/ m^3

Nota. Elaboración propia

El ensayo de asentamiento realizado a la mezcla con 20% de reemplazo registró un valor de 1 1/2", el cual se observa en la Figura 12, lo que indica que es un concreto de consistencia seca, poco trabajable.

Figura 12

Asentamiento de mezcla con 20%



Nota. Elaboración propia.

La Figura 13 muestra el contenido de aire, la mezcla evaluada presentó un valor de 1.5%, indicando la cantidad de vacíos atrapados en el concreto fresco.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Figura 13

Contenido de aire de la mezcla con 20%



Nota. Elaboración propia.

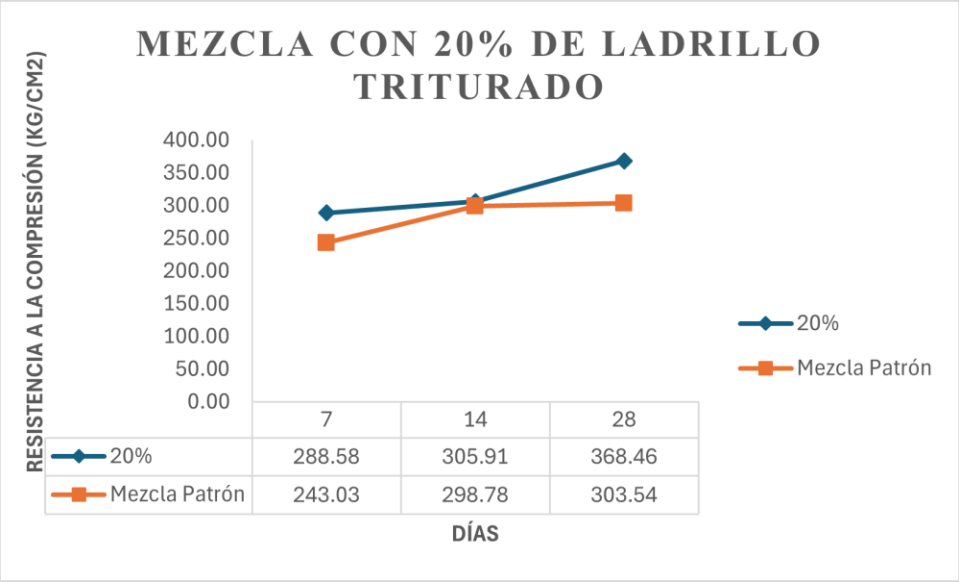
7.5.1. Resistencia a la compresión de mezcla con 20%

Para evaluar el comportamiento mecánico de la mezcla con una sustitución de 20%, se realizó el ensayo de resistencia a la compresión a diferentes edades de curado. Se ensayaron especímenes a los 7, 14 y 28 días, con el fin de observar la evolución de la ganancia de resistencia. Los valores correspondientes para cada edad se presentan en la Figura 14:

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Figura 14

Mezcla con 20% de reemplazo de ladrillo triturado



Nota. Elaboración propia.

Objetivo 3: Determinar como la incorporación del 25% de ladrillo reciclado triturado como reemplazo parcial del agregado fino, en combinación con el uso de un aditivo superplastificante, influye en la mejora de las propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c = 210 kg/cm².

7.6. Mezcla con 25% de ladrillo triturado

Se elaboró una mezcla con un 25% de reemplazo parcial de ladrillo triturado en lugar de agregado fino. Esta proporción de reemplazo permite evaluar el efecto del ladrillo reciclado sobre el comportamiento del concreto tanto en estado fresco como en estado endurecido, cuyos valores de dosificación se muestran en la Tabla 22:

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Tabla 22

Dosificación por m3 de la mezcla con 25% de sustitución de ladrillo reciclado triturado

Material	Peso por m^3
Cemento	346 kg/m^3
Agua	194 kg/m^3
Agregado Fino	668 kg/ m^3
Agregado grueso	933 kg/ m^3
Ladrillo (25%)	223 kg/ m^3

Nota. Elaboración propia

El ensayo de asentamiento realizado a la mezcla con 25% de reemplazo registró un valor de 1 ¼"", lo que indica que es un concreto con una consistencia seca, poco trabajable. El resultado se observa en la Figura 15.

Figura 15

Asentamiento de mezcla con 25%



Nota. Elaboración propia.

La Figura 16 muestra el contenido de aire, la mezcla evaluada presentó un valor de 1.6%, indicando la cantidad de vacíos atrapados en el concreto fresco.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Figura 16

Contenido de aire de la mezcla con 25%



Nota. Elaboración propia.

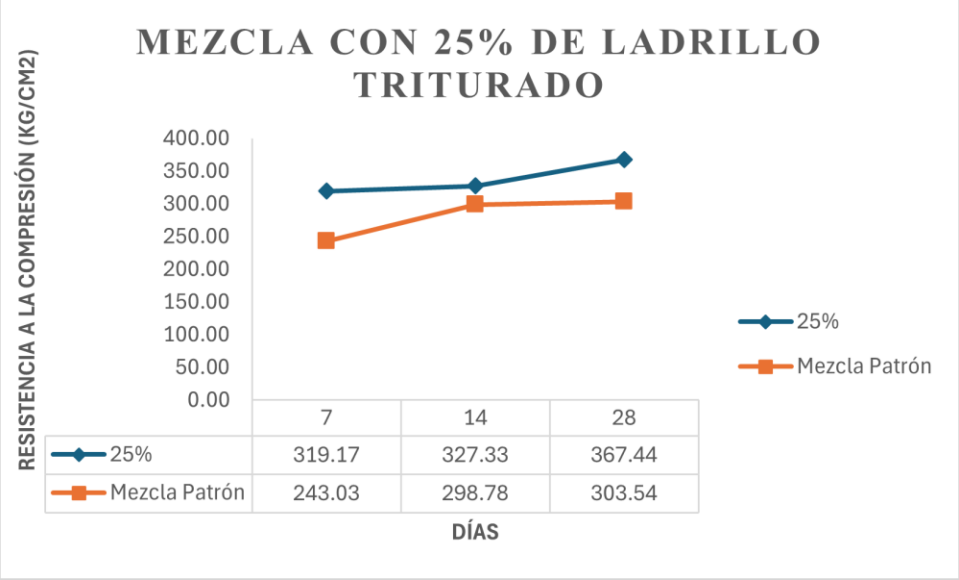
7.6.1. Resistencia a la compresión de mezcla con 25%

Para evaluar el comportamiento mecánico de la mezcla con una sustitución de 25%, se realizó el ensayo de resistencia a la compresión a diferentes edades de curado. Se ensayaron especímenes a los 7, 14 y 28 días, con el fin de observar la evolución de la ganancia de resistencia. Los valores correspondientes para cada edad se presentan en la Figura 17:

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Figura 17

Mezcla con 25% de reemplazo de ladrillo triturado



Nota. Elaboración propia.

7.7. Mezcla con 15% de ladrillo triturado y aditivo Sikament 290N

Con la finalidad de contrarrestar la disminución de la trabajabilidad observada en la mezcla con reemplazo parcial de agregado fino por ladrillo triturado, se elaboró una mezcla adicional incorporando aditivo Sikament 290N en una dosificación del 1 % del peso del cemento. En la Tabla 23 se presentan las dosificaciones por m^3 de esta mezcla, la cual permite evaluar la influencia del aditivo sobre el comportamiento del concreto.

Tabla 23

Dosificación por m3 de la mezcla con 15% de sustitución de ladrillo reciclado triturado más aditivo Sikament 290 N

Material	**Peso por m^3**
Cemento	346 kg/m^3
Agua	194 kg/m^3
Agregado Fino	754 kg/ m^3
Agregado grueso	929 kg/ m^3
Ladrillo (15%)	133 kg/ m^3
Aditivo	3 kg/ m^3

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Nota. Elaboración propia

Como resultado, la mezcla presentó un asentamiento (slump) de 4”, evidenciando una mejora en la trabajabilidad del concreto, así como un contenido de aire de 1.7 %, valor que se mantiene dentro de rangos aceptables para este tipo de mezclas. Los resultados se presentan en la Tabla 24.

Tabla 24

Resultado de ensayos con 15%

Ensayo	Resultado
Asentamiento	4”
Contenido de aire	1.7%

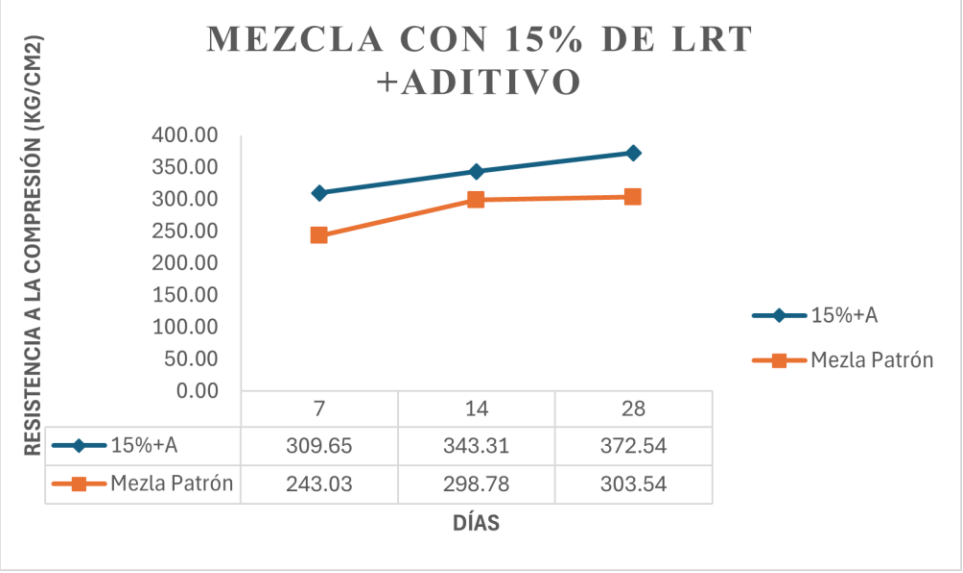
Nota. Elaboración propia.

7.7.1. Resistencia a la compresión de mezcla con 15% y aditivo

Se ensayaron especímenes a los 7, 14 y 28 días, con el fin de observar la evolución de la ganancia de resistencia. Los valores correspondientes para cada edad se presentan en la Figura 18:

Figura 18

Resistencia a la compresión de mezcla con 15% + Aditivo



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Nota. Elaboración propia.

7.8. Mezcla con 20% de ladrillo triturado y aditivo Sikament 290N

En la mezcla con un 20% de reemplazo parcial del agregado fino por ladrillo triturado, la mayor presencia de este material generó una reducción más pronunciada de la trabajabilidad. Por ello, se incorporó aditivo Sikement 290N dosificado al 1 % del peso del cemento, con el objetivo de mejorar la consistencia del concreto. La dosificación de la mezcla se detalla en la Tabla 25:

Tabla 25

Dosificación por m3 de la mezcla con 20% de sustitución de ladrillo reciclado triturado más aditivo Sikament 290 N

Material	**Peso por m^3**
Cemento	346 kg/m^3
Agua	194 kg/m^3
Agregado Fino	710 kg/ m^3
Agregado grueso	929 kg/ m^3
Ladrillo (20%)	177 kg/ m^3
Aditivo	3 kg/ m^3

Nota. Elaboración propia

En la Tabla 26 se muestra que la mezcla alcanzó un asentamiento (slump) de 3”, evidenciando una recuperación de la trabajabilidad, y presentó un contenido de aire de 1.8 %, valor que se mantiene dentro de rangos aceptables.

Tabla 26

Resultado de ensayos con 20%

Ensayo	**Resultado**
Asentamiento	3”
Contenido de aire	1.8%

Nota. Elaboración propia

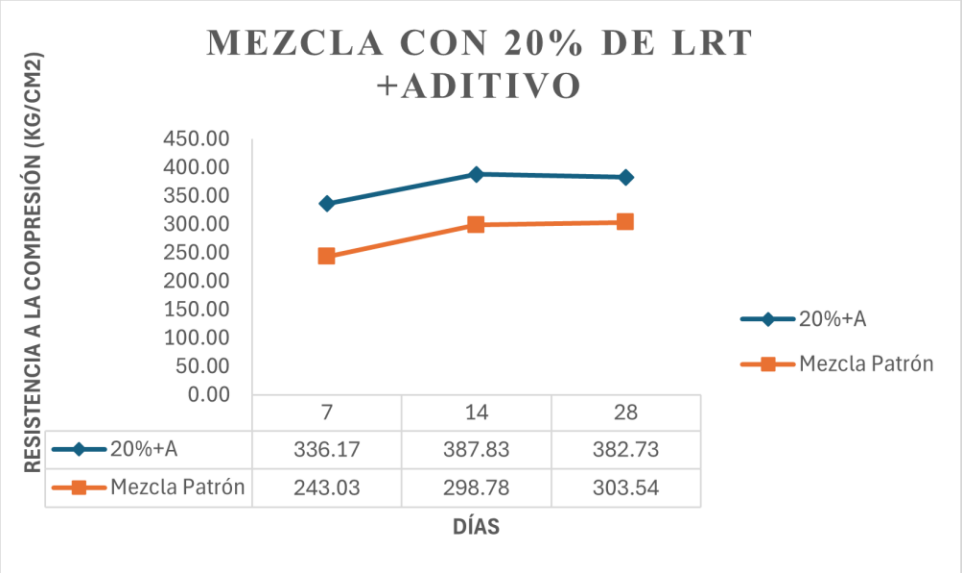
Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

7.8.1. Resistencia a la compresión de mezcla con 20% y aditivo

Se ensayaron especímenes a los 7, 14 y 28 días, con el fin de observar la evolución de la ganancia de resistencia. Los valores correspondientes para cada edad se presentan en la Figura 19:

Figura 19

Resistencia a la compresión de mezcla con 20% + Aditivo



	7	14	28
20%+A	336.17	387.83	382.73
Mezcla Patrón	243.03	298.78	303.54

Nota. Elaboración propia.

7.9. Mezcla con 25% de ladrillo triturado y aditivo Sikament 290N

En la mezcla con un 25 % de reemplazo parcial del agregado fino por ladrillo triturado, el incremento de este material produjo la reducción de la trabajabilidad del concreto. En respuesta a esta condición, se incorporó aditivo Sikement 290N dosificado al 1% del peso del cemento, con el propósito de mejorar la consistencia de la mezcla. La Tabla 27 detalla la dosificación de la mezcla:

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Tabla 27

Dosificación por m3 de la mezcla con 25% de sustitución de ladrillo reciclado triturado más aditivo Sikament 290 N

Material	Peso por m^3
Cemento	346 kg/m^3
Agua	194 kg/m^3
Agregado Fino	666 kg/ m^3
Agregado grueso	929 kg/ m^3
Ladrillo (25%)	222 kg/ m^3
Aditivo	3 kg/ m^3

Nota. Elaboración propia

La Tabla 28 muestra que se obtuvo un asentamiento (slump) de 3", evidenciando una mejora en la trabajabilidad, mientras que el contenido de aire alcanzó un valor de 1.7 %, manteniéndose dentro de rangos aceptables.

Tabla 28

Resultado de ensayos con 25%

Ensayo	Resultado
Asentamiento	3"
Contenido de aire	1.7%

Nota. Elaboración propia.

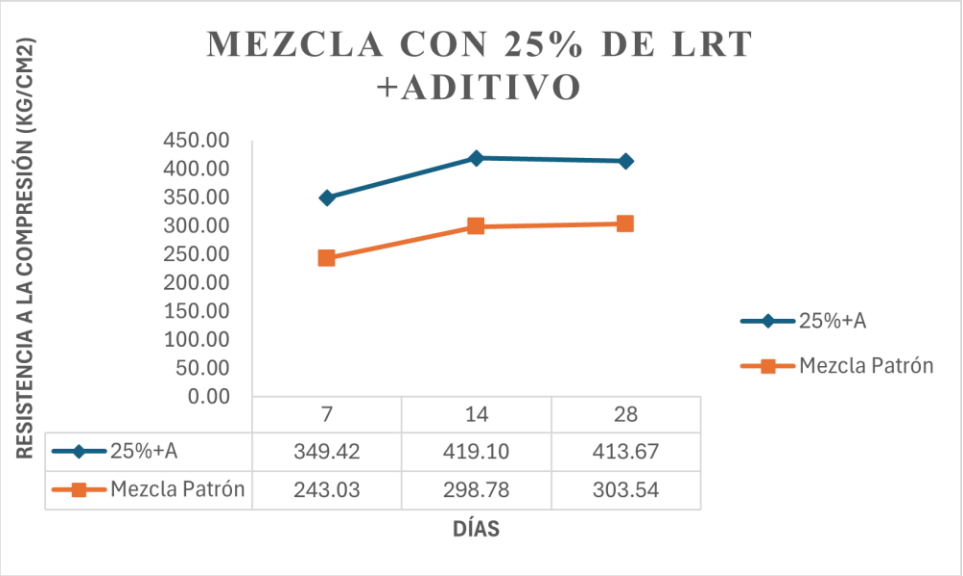
7.9.1. Resistencia a la compresión de mezcla con 25% y aditivo

Se ensayaron especímenes a los 7, 14 y 28 días, con el fin de observar la evolución de la ganancia de resistencia. Los valores correspondientes para cada edad se presentan en la Figura 20:

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Figura 20

Resistencia a la compresión de mezcla con 25% + Aditivo



	7	14	28
25%+A	349.42	419.10	413.67
Mezcla Patrón	243.03	298.78	303.54

Nota. Elaboración propia.

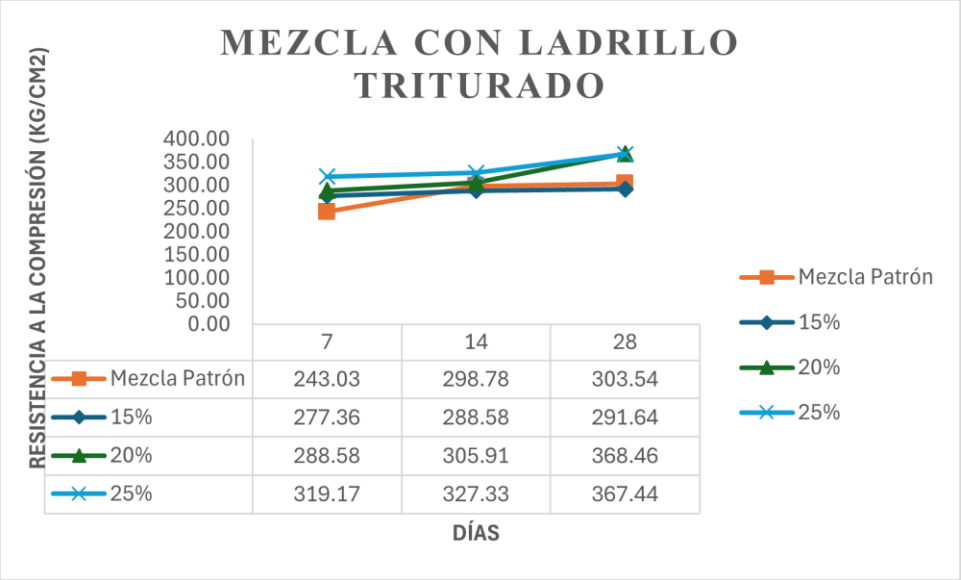
7.10. Resumen de resultados

En la Figura 21 se presenta la evolución de la resistencia a la compresión de la mezcla patrón y de las mezclas con sustitución parcial del agregado fino por ladrillo reciclado triturado (15%, 20% y 25%) sin incorporación de aditivo. En general, se observa que, a los 7 y 14 y 28 días, las mezclas con ladrillo triturado muestran un comportamiento comparable o superior al de la mezcla patrón, evidenciando que el reemplazo parcial puede contribuir al desarrollo inicial de resistencia bajo las condiciones evaluadas. Cabe precisar que, de las seis condiciones evaluadas con sustitución de ladrillo reciclado, únicamente la mezcla con 15% de sustitución sin aditivo no logró superar la resistencia de la mezcla patrón (291.64 kg/cm² frente a 303.54 kg/cm²), mientras que las mezclas con 20% y 25% sin aditivo, así como las tres mezclas con aditivo superplastificante, sí evidenciaron una mejora respecto al patrón.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Figura 21

Evolución de la resistencia a la compresión de la mezcla patrón y mezclas con sustitución de ladrillo triturado (15%, 20% y 25%).



Nota. Elaboración propia.

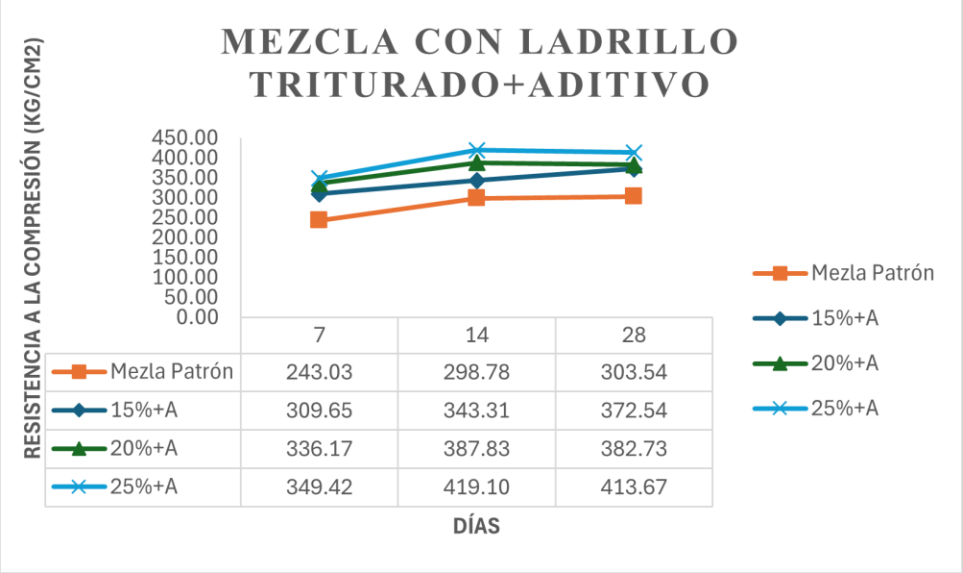
En la Figura 22 se presenta la evolución de la resistencia a la compresión de la mezcla patrón y de las mezclas con sustitución parcial del agregado fino por ladrillo reciclado triturado, incorporando aditivo superplastificante. Se observa que todas las mezclas con aditivo superan a la mezcla patrón en las tres edades evaluadas (7, 14 y 28 días).

No obstante, se aprecia que las mezclas con 20% y 25% de sustitución presentan una ligera disminución de resistencia a los 28 días respecto al valor alcanzado a los 14 días, lo que sugiere que, para porcentajes más altos, la ganancia de resistencia no se mantiene de forma sostenida en el tiempo dentro del rango evaluado.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Figura 22

Evolución de la resistencia a la compresión de la mezcla patrón y mezclas con sustitución de ladrillo triturado (15%, 20% y 25%) con aditivo superplastificante.



Nota. Elaboración propia.

7.11. Análisis estadístico de resultados

Se presenta la Tabla 29, que resume la estadística descriptiva de la resistencia a la compresión por mezcla y edad de curado.

Tabla 29

Estadística descriptiva de la resistencia a la compresión por mezcla y edad de curado

Mezcla	Edad (días)	n	Media x̄ (kg/cm²)	Varianza s² (kg/cm²)	Desv. estándar s (kg/cm²)	CV (%)
Patrón	7	3	243.03	187.46	13.69	5.63
Patrón	14	3	298.78	643.78	25.37	8.49
Patrón	28	3	303.54	23.22	4.82	1.59
15 % sin aditivo	7	3	277.36	138.24	11.76	4.24
15 % sin aditivo	14	3	288.58	50.98	7.14	2.47

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Mezcla	Edad (días)	n	Media $\bar{x}$ (kg/cm²)	Varianza s^2 (kg/cm²)	Desv. estándar s (kg/cm²)	CV (%)
15 % sin aditivo	28	3	291.64	702.92	26.51	9.09
20 % sin aditivo	7	3	288.58	19.77	4.45	1.54
20 % sin aditivo	14	3	305.91	256.80	16.02	5.24
20 % sin aditivo	28	3	368.46	14.90	3.86	1.05
25 % sin aditivo	7	3	319.17	12.48	3.53	1.11
25 % sin aditivo	14	3	327.33	1442.24	37.98	11.60
25 % sin aditivo	28	3	367.44	815.57	28.56	7.77
15 % + aditivo	7	3	309.65	790.62	28.12	9.08
15 % + aditivo	14	3	343.31	628.40	25.07	7.30
15 % + aditivo	28	3	372.54	761.50	27.60	7.41
20 % + aditivo	7	3	336.17	134.48	11.60	3.45
20 % + aditivo	14	3	387.83	441.23	21.01	5.42
20 % + aditivo	28	3	382.73	184.40	13.58	3.55
25 % + aditivo	7	3	349.42	88.73	9.42	2.70
25 % + aditivo	14	3	419.10	1459.92	38.21	9.12
25 % + aditivo	28	3	413.67	158.40	12.59	3.04

Nota. Elaboración propia, con base en los valores individuales de las fichas de protocolo de ensayo de resistencia a la compresión.

A continuación, se presentan los resultados de la aplicación de ambas pruebas estadísticas a la resistencia a la compresión obtenida a los 28 días, edad en la cual se evalúa convencionalmente el desempeño final del concreto. Se presenta la Tabla 30, que muestra los resultados de la prueba t de Student, empleada como criterio principal de decisión dado el tamaño reducido de la muestra (n = 3).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Tabla 30

Prueba t de Student (principal) frente a f'c = 210 kg/cm² (28 días)

Mezcla	Media x̄ (kg/cm²)	s (kg/cm²)	t calculado	t crítico (gl=2)	Decisión
Patrón	303.54	4.82	33.62	2.920	Rechaza H₀ → mejora
15 % sin aditivo	291.64	26.51	5.33	2.920	Rechaza H₀ → mejora
20 % sin aditivo	368.46	3.86	71.09	2.920	Rechaza H₀ → mejora
25 % sin aditivo	367.44	28.56	9.55	2.920	Rechaza H₀ → mejora
15 % + aditivo	372.54	27.60	10.20	2.920	Rechaza H₀ → mejora
20 % + aditivo	382.73	13.58	22.03	2.920	Rechaza H₀ → mejora
25 % + aditivo	413.67	12.59	28.03	2.920	Rechaza H₀ → mejora

Nota. Elaboración propia. $t = (\bar{x} - 210) / (s / \sqrt{3})$; $gl = n - 1 = 2$; t crítico = 2.920 ($\alpha = 0.05$, una cola). Prueba estadísticamente válida dado el tamaño de muestra reducido (n = 3) y el desconocimiento de la desviación estándar poblacional.

Se presenta la Tabla 31, que muestra de manera complementaria los resultados de la prueba Z, reportada únicamente con fines de referencia.

Tabla 31

Prueba Z unilateral (referencial) frente a f'c = 210 kg/cm² (28 días)

Mezcla	Media x̄ (kg/cm²)	s (kg/cm²)	Z calculado	Z crítico	Decisión
Patrón	303.54	4.82	33.62	1.645	Rechaza H₀ → mejora
15 % sin aditivo	291.64	26.51	5.33	1.645	Rechaza H₀ → mejora
20 % sin aditivo	368.46	3.86	71.09	1.645	Rechaza H₀ → mejora
25 % sin aditivo	367.44	28.56	9.55	1.645	Rechaza H₀ → mejora
15 % + aditivo	372.54	27.60	10.20	1.645	Rechaza H₀ → mejora
20 % + aditivo	382.73	13.58	22.03	1.645	Rechaza H₀ → mejora
25 % + aditivo	413.67	12.59	28.03	1.645	Rechaza H₀ → mejora

Nota. Elaboración propia. $Z = (\bar{x} - 210) / (s / \sqrt{3})$; Z crítico = 1.645 ($\alpha = 0.05$, una cola).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Como puede observarse, las siete mezclas evaluadas a los 28 días, incluida la mezcla patrón, rechazan H_0 bajo ambos criterios, lo cual indica que todas las dosificaciones, incluyendo la de control, fueron diseñadas con un margen de seguridad adecuado por encima de los 210 kg/cm². Por ello, el rechazo de H_0 frente al valor de diseño es una condición necesaria, pero no suficiente, para sostener que el ladrillo reciclado y el aditivo mejoran el concreto: el criterio decisivo es la comparación directa frente a la mezcla patrón y frente a la condición sin aditivo, que se desarrolla a continuación.

Con base en los resultados de las Tablas 29 y 30, no se dispone de evidencia estadística suficiente para aceptar la hipótesis nula (H_0: $\mu \leq 210$ kg/cm²) en ninguna de las siete mezclas evaluadas a los 28 días, dado que en todos los casos el valor de t calculado superó ampliamente al valor de t crítico (2.920). En consecuencia, se rechaza H_0 y se acepta la hipótesis alterna (H_1: $\mu >$ 210 kg/cm²), confirmándose que la resistencia media de cada mezcla, incluyendo la mezcla patrón, es estadísticamente superior a la resistencia de diseño de 210 kg/cm².

Con el fin de aislar el efecto del aditivo superplastificante sobre la resistencia a la compresión, se comparó cada porcentaje de sustitución con y sin aditivo, a la edad de 28 días, tal como se presenta en la Tabla 32.

Tabla 32

Comparación porcentual de la resistencia a 28 días, con y sin aditivo superplastificante

Sustitución	Sin aditivo (kg/cm²)	Con aditivo (kg/cm²)	Mejora (kg/cm²)	Mejora (%)
15 %	291.64	372.54	+80.90	+27.7 %
20 %	368.46	382.73	+14.28	+3.9 %
25 %	367.44	413.67	+46.23	+12.6 %

Nota. Elaboración propia, con base en los valores promedio de las fichas de ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Con los resultados obtenidos, las tres mezclas con aditivo (15%, 20% y 25%) cumplen las dos condiciones del criterio de aceptación establecido en la sección 6.6, frente a la mezcla patrón (303.54 kg/cm²) y frente a sus respectivas condiciones sin aditivo, por lo que se acepta la hipótesis general de la investigación.

VIII. Discusión

La presente investigación tuvo como objetivo determinar cómo la incorporación del 15%, 20% y 25% de ladrillo reciclado triturado como reemplazo parcial del agregado fino, en combinación con el uso de un aditivo superplastificante, influye en la mejora de las propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c = 210 kg/cm², así como comparar dicho comportamiento con una mezcla patrón sin reemplazo ni aditivo.

A partir de los resultados obtenidos se acepta la hipótesis que menciona que, el uso de ladrillo reciclado como sustituto parcial del agregado fino en proporción de 15%, 20% y 25%, en combinación con la incorporación de un aditivo superplastificante, incrementa las propiedades físicas y mecánicas del concreto con f'c = 210 kg/cm². En cuanto a la mezcla patrón, presentó una consistencia plástica y una baja presencia de vacíos atrapados, constituyéndose además como una referencia base para la investigación, ya que a partir de sus resultados es posible realizar una comparativa confiable con las mezclas que incorporan 15%, 20% y 25% de sustitución, tanto con aditivo como sin aditivo, permitiendo evaluar el efecto de estas variables en el comportamiento del concreto.

Los resultados mostraron que la mezcla con 15% de ladrillo triturado no presentó una mejora en la resistencia a la compresión respecto a la mezcla patrón, evidenciándose valores inferiores en edades tempranas y manteniéndose ligeramente por debajo o cercanos a la referencia

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

a los 28 días. Este comportamiento indica que la incorporación de dicho porcentaje de material reciclado no contribuye a optimizar las propiedades mecánicas del concreto, lo cual puede atribuirse a la mayor porosidad y menor resistencia del ladrillo triturado en comparación con el agregado natural. Estos resultados son consistentes con lo reportado por Chang (2022), en su artículo titulado: "Effects of coarse and fine crushed clay brick content on the compressive strength of recycled aggregate concrete and the microscopic mechanism" quienes señalan que incluso con un 15% de reemplazo también se produce una disminución en la resistencia del concreto. El autor explica que esto ocurre porque el ladrillo triturado tiene menor calidad y genera una unión más débil con la pasta de cemento. Por lo tanto, su estudio respalda los resultados obtenidos en esta investigación para este porcentaje de sustitución.

Por otro lado, es importante considerar que en la presente investigación se empleó un aditivo superplastificante, el cual tiene como finalidad mejorar la trabajabilidad del concreto sin aumentar la relación agua/cemento, lo que puede influir positivamente en sus propiedades mecánicas. Los resultados mostraron que la combinación con el aditivo superplastificante Sikament 290N, actúa de manera positiva en la resistencia a la compresión del concreto, evidenciándose que a los 28 días la mezcla con 15% de sustitución alcanzó un incremento aproximado del 22% en comparación con la mezcla patrón. Al respecto, Bravo (2024), en su investigación "Uso del ladrillo reciclado triturado como sustituto del agregado fino en diseño de hormigón de 21 MPa", en uno de sus diseños experimentales, evaluó la incorporación del 15% de reemplazo de arena fina por ladrillo triturado, encontró que la resistencia a la compresión a los 28 días fue 11.53% mayor en comparación a la mezcla patrón, concluyendo que este porcentaje de ladrillo reciclado triturado destaca como óptimo a comparación de la mezcla patrón, lo que finalmente corrobora el resultado obtenido en la presente investigación. El método utilizado y la

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

muestra elegida del estudio de Bravo (2024), fueron realizar un total de 7 probetas cilíndricas con 15% de reemplazo, en contraste con las 9 probetas ensayadas en esta investigación. A pesar de ello, los resultados no han sido diferentes, evidenciándose valores similares de resistencia: 33.48 MPa en el estudio de Bravo frente a los 30.37 MPa obtenidos en esta investigación. Esto demuestra que, pese a la variación en el número de probetas y dosificación de aditivo superplastificante, ambos estudios presentan una resistencia a la compresión adecuada. En ese sentido, los resultados obtenidos para el 15% de reemplazo evidencian que el concreto mantiene un comportamiento similar al convencional, tanto en trabajabilidad como en resistencia a la compresión, lo cual indica que este porcentaje no genera alteraciones significativas en la mezcla. Esto puede explicarse debido a que, al tratarse de un nivel bajo de sustitución, el ladrillo reciclado no llega a dominar las propiedades del concreto, permitiendo que conserve su comportamiento habitual. Por lo tanto, el 15% de reemplazo utilizado en esta investigación puede considerarse técnicamente viable, ya que permite aprovechar materiales reciclados sin comprometer significativamente la resistencia, evidenciando así una alternativa sostenible y eficiente en la producción de concreto. Cabe precisar que, si bien la mezcla con 15% sin aditivo no superó el desempeño de la mezcla patrón, la prueba t de Student aplicada (t calculado = 5.33; t crítico = 2.920; $\alpha = 0.05$) confirma que su resistencia media (291.64 kg/cm²) sí es estadísticamente superior al valor de diseño de 210 kg/cm², por lo que cumple con el requisito estructural mínimo, aunque no representa una mejora respecto a la condición de referencia experimental.

En cuanto a la mezcla con 20% de sustitución, tras la recolección de datos y el análisis de los resultados, se evidenció que la incorporación de ladrillo reciclado generó una reducción considerable en la trabajabilidad del concreto. Este comportamiento se refleja en una disminución del asentamiento del 50% respecto a la mezcla patrón, lo que pone en evidencia una pérdida

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

significativa de consistencia. Dicha reducción se atribuye principalmente a la alta porosidad y capacidad de absorción del ladrillo reciclado. Este comportamiento coincide con lo señalado por Canales (2025) en la base teórica, donde se indica que este material presenta una capacidad de absorción aproximadamente 18 veces mayor que la del agregado natural, lo que influye directamente en la pérdida de trabajabilidad de la mezcla y puede generar repercusiones desfavorables en la resistencia a la compresión. Respecto a la resistencia a la compresión, se observó que la mezcla con 20% de sustitución sin aditivo presentó una mejora en la resistencia a la compresión, alcanzando a los 28 días un incremento aproximado del 21% en comparación con la mezcla patrón.

Al incorporar el aditivo superplastificante, se observó un aumento de la trabajabilidad, alcanzándose un asentamiento de 3", valor que coincide con el de la mezcla patrón. En cuanto a la resistencia a la compresión, la incorporación del aditivo superplastificante muestra un desempeño superior respecto de la mezcla patrón. De igual manera, se evidenció que la mezcla con 20% de sustitución sin aditivo mostró un incremento en la resistencia a la compresión, logrando a los 28 días un aumento cercano al 26% en relación con la mezcla patrón. Al respecto, Bravo et al. (2024) evaluaron la sustitución parcial del agregado fino por ladrillo reciclado triturado con un 20% de reemplazo, empleando además un aditivo superplastificante. Los autores señalan que esta dosificación alcanza valores de resistencia a la compresión superiores a la mezcla estándar y mayores a la resistencia media requerida del diseño, evidenciando un adecuado desempeño mecánico del concreto. En concordancia con ello, se evidenció que la mezcla con 20% de sustitución con aditivo presentó una mejora significativa en la resistencia a la compresión, alcanzando a los 28 días un incremento aproximado del 43% en comparación con la mezcla patrón, lo que refuerza la efectividad del uso de aditivos superplastificantes en concretos con materiales

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

reciclados. Estos incrementos se encuentran respaldados estadísticamente: la prueba t de Student aplicada a los 28 días confirma que tanto la condición sin aditivo (t = 71.09) como con aditivo (t = 22.03) superan significativamente el valor de diseño (t crítico = 2.920), reforzando la validez del efecto observado.

No obstante, a partir de los 28 días de curado se evidencia una ligera disminución en los valores de resistencia. Es importante señalar que, a pesar de la disminución relativa observada entre los 14 y 28 días en las mezclas con 20% y 25% de sustitución con aditivo, los valores de resistencia a los 28 días continúan siendo estadísticamente superiores al valor de diseño de 210 kg/cm² (t = 22.03 y t = 28.03, respectivamente), por lo que dicha disminución no compromete el cumplimiento del requisito estructural mínimo, aunque sí amerita un análisis más detallado sobre la estabilidad de la resistencia en el tiempo. Por ello, se recomienda realizar ensayos a edades de curado más prolongadas para evaluar su comportamiento a largo plazo. En concordancia a ello, Zamora (2023) en su tesis titulada: “Efecto de la resistencia y durabilidad del concreto al reemplazar ladrillo triturado”, señala que, con un 20% de reemplazo, la resistencia a la compresión a los 28 días disminuye. Este comportamiento podría asociarse con las características físicas y estructurales del ladrillo reciclado, ya que la presencia de partículas más porosas y de menor densidad puede reducir la adherencia entre la pasta de cemento y los agregados, afectando el desarrollo de la resistencia mecánica del concreto. Adicionalmente, esta disminución podría explicarse por el efecto de curado interno (internal curing effect) que genera el ladrillo reciclado triturado dentro de la matriz cementante. Chen et al. (2019) explican que, debido a la elevada porosidad y capacidad de absorción de este material, el agua retenida en sus poros durante el mezclado se libera progresivamente hacia la pasta de cemento circundante en edades de curado más avanzadas, favoreciendo una hidratación adicional del cemento no hidratado. Los autores

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

señalan que este efecto se manifiesta de manera más notoria a partir de los 14 días, y que su magnitud depende del porcentaje de sustitución del agregado reciclado, lo cual podría generar variaciones no lineales en el desarrollo de la resistencia entre los 14 y 28 días, como las observadas en las mezclas con 20% y 25% de sustitución con aditivo en la presente investigación. Cabe precisar que esta disminución, al ser de magnitud reducida (inferior al 2% entre los 14 y 28 días), no necesariamente representa una pérdida estructural significativa, sino que podría corresponder a la interacción entre el efecto de curado interno y la variabilidad experimental propia de un tamaño de muestra reducido (n = 3 probetas por edad).

Respecto a la mezcla con 25% de ladrillo reciclado triturado como reemplazo parcial del agregado fino, los resultados mostraron que, en la dosificación sin aditivo, se produjo una reducción significativa de la trabajabilidad. En particular, la mezcla presentó una consistencia seca y poco trabajable en comparación con la mezcla patrón; el asentamiento disminuyó en aproximadamente 58%. Esta variación puede atribuirse a la elevada presencia de ladrillo reciclado, ya que su mayor porosidad incrementa la absorción de agua y afecta la consistencia de la mezcla. Estos resultados se relacionan con lo señalado por Ukwizagira et al. (2023) en su artículo titulado "Effect of crushed clay brick as partial replacement of fine aggregate in concrete", quienes indican que, a medida que aumentan los porcentajes de sustitución, se incrementa la relación agua/cemento, debido a la porosidad del ladrillo de arcilla, que requiere un mayor contenido de agua en comparación con el agregado natural. En relación con la resistencia a la compresión, la mezcla con 25% de sustitución sin aditivo evidenció un desempeño superior, ya que a los 28 días registró un incremento aproximado del 21% respecto a la mezcla patrón. Estos resultados muestran concordancia con la investigación realizada por Calderon & Yocya (2024), en su tesis titulada: "Evaluación de la resistencia mecánica del concreto, utilizando como agregado fino ladrillos de

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

arcilla reciclada", evaluaron el comportamiento del concreto al sustituir el agregado fino por ladrillo de arcilla reciclada (LAR) en diferentes proporciones. Los autores concluyen que el concreto con 25% de sustitución del agregado fino por LAR alcanzó la mayor resistencia a la compresión a los 28 días, representando un incremento de 10.20% y 11.19% respecto a las muestras patrón C210 y C280, respectivamente.

Para contrarrestar la reducción de trabajabilidad asociada a la mayor absorción del ladrillo reciclado, se incorporó el aditivo superplastificante Sikament 290N, con el propósito de mantener una consistencia adecuada sin incrementar de forma significativa el contenido de agua. Esta incorporación permitió mejorar la trabajabilidad del concreto y mantener el contenido de aire dentro de un rango aceptable. Asimismo, al analizar los resultados de resistencia a la compresión, se evidenció que la mezcla con 25% de sustitución y aditivo presentó un mejor desempeño, alcanzando a los 28 días un incremento aproximado del 36% en comparación con la mezcla patrón.

Estadísticamente, ambas condiciones ($t = 9.55$ sin aditivo; $t = 28.03$ con aditivo) superan ampliamente el valor crítico (2.920), confirmando que la mejora observada no es atribuible al azar.

El estudio de Bravo et al. (2024) reporta que un reemplazo del 25% de ladrillo reciclado triturado generó un incremento del 8.43% en la resistencia a la compresión a los 28 días respecto a una mezcla de diseño estándar, lo que muestra concordancia con los resultados obtenidos en la presente investigación. En conjunto, estos hallazgos sugieren que el uso de un superplastificante contribuye a compensar la pérdida de trabajabilidad provocada por el alto porcentaje de ladrillo reciclado, favoreciendo el desempeño mecánico del concreto.

En relación con el 25% de sustitución del agregado fino por ladrillo reciclado triturado, los resultados obtenidos en la presente investigación evidencian un comportamiento favorable en la resistencia a la compresión del concreto, lo cual permite inferir que este porcentaje de reemplazo

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

contribuye al adecuado desarrollo de las propiedades mecánicas del material. Asimismo, la incorporación del aditivo superplastificante permitió mejorar la trabajabilidad de la mezcla, compensando la mayor absorción de agua característica del material. Por lo tanto, los resultados obtenidos en ambas investigaciones evidencian que el 25% de sustitución del agregado fino por ladrillo reciclado triturado representa un porcentaje favorable para mejorar las propiedades mecánicas del concreto, además de promover el aprovechamiento de residuos de construcción, contribuyendo al desarrollo de prácticas constructivas más sostenibles.

En relación con ello, Boulghebar et al. (2025), expresa que en porcentajes moderados de sustitución, el material cerámico triturado no solo actúa como un elemento de relleno, sino que también contribuye a mejorar la distribución granulométrica, favoreciendo una mayor compacidad de la mezcla. No obstante, es importante señalar que, aunque los resultados obtenidos en la presente investigación evidencian un comportamiento favorable para el 25% de sustitución, diversos estudios advierten que este porcentaje se encuentra cercano a un límite a partir del cual podrían comenzar a manifestarse efectos negativos en la microestructura del concreto. En este sentido, el desempeño observado no solo depende del porcentaje de reemplazo, sino también de factores como la calidad del ladrillo reciclado, la relación agua-cemento y el uso de aditivos, lo cual constituye un aporte importante del presente estudio al considerar condiciones más cercanas a la práctica constructiva actual.

En la presente investigación, las mezclas con 20% y 25% de sustitución de agregado fino por ladrillo reciclado triturado, incorporando aditivo superplastificante, evidenciaron un comportamiento particular en la evolución de la resistencia a la compresión. Si bien a los 28 días se alcanzaron valores representativos del desempeño mecánico de las mezclas, a partir de esta edad se observó una tendencia a la disminución de la resistencia. Este comportamiento sugiere que el

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

efecto del material reciclado y de la condición de la matriz cementante podría manifestarse de manera más notoria en edades posteriores, posiblemente asociado a la porosidad del ladrillo, a la absorción de agua y a cambios en la adherencia en la zona de transición interfacial, factores que pueden influir en el desarrollo y la estabilidad de la resistencia.

Es importante señalar que, a pesar de la disminución relativa observada entre los 14 y 28 días en las mezclas con 20% y 25% de sustitución con aditivo, los valores de resistencia a los 28 días continúan siendo estadísticamente superiores al valor de diseño de 210 kg/cm² (t = 22.03 y t = 28.03, respectivamente), por lo que dicha disminución no compromete el cumplimiento del requisito estructural mínimo, aunque sí amerita un análisis más detallado sobre la estabilidad de la resistencia en el tiempo.

En este sentido, resulta pertinente ampliar la evaluación experimental mediante ensayos de compresión a edades de curado mayores (por ejemplo, 56, 90 o 120 días), con el objetivo de caracterizar el desempeño a largo plazo y determinar si la disminución observada corresponde a una tendencia sostenida o a un comportamiento transitorio. Esta información permitiría sustentar con mayor solidez la viabilidad del uso de ladrillo reciclado en porcentajes elevados, especialmente cuando se emplean aditivos para mejorar la trabajabilidad, y contribuiría a establecer criterios técnicos más precisos para su aplicación en elementos estructurales o no estructurales.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

IX. Conclusiones

Con respecto al primer objetivo específico, se concluye que la incorporación del 15% de ladrillo reciclado triturado como reemplazo parcial del agregado fino sin aditivo no evidencia una mejora en la resistencia a la compresión respecto a la mezcla patrón, ya que a los 28 días se obtuvo 291.64 kg/cm², valor menor al de la mezcla patrón (303.54 kg/cm²), aunque se mantuvo la trabajabilidad con un asentamiento de 3" y un contenido de aire de 1.7%. En cambio, al incorporar el aditivo superplastificante Sikament 290N (1%), se evidenció una mejora tanto en la condición del concreto fresco (slump de 4") como en la resistencia mecánica, alcanzando 372.54 kg/cm² a los 28 días. Por lo tanto, se acepta la hipótesis específica para el 15% en combinación con superplastificante, debido a que mejora las propiedades físicas y mecánicas del concreto respecto a la mezcla patrón.

En cuanto al segundo objetivo específico, se concluye que la incorporación del 20% de ladrillo reciclado triturado reduce de forma considerable la trabajabilidad del concreto sin aditivo, registrando un asentamiento de 1 1/2", lo cual evidencia una mezcla seca y poco trabajable, con contenido de aire de 1.5%. Sin embargo, a nivel mecánico se obtuvo una resistencia a los 28 días de 368.46 kg/cm², superior a la mezcla patrón (303.54 kg/cm²). Asimismo, al incorporar el Sikament 290N (1%), se recuperó la trabajabilidad con un slump de 3" y se alcanzó una resistencia de 382.73 kg/cm² a los 28 días, manteniéndose el contenido de aire dentro de rangos aceptables (1.8%). Por lo tanto, se acepta la hipótesis específica del 20%, ya que con el uso del superplastificante se mejora el comportamiento del concreto fresco y se incrementa la resistencia a la compresión.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

De acuerdo con el tercer objetivo específico, se concluye que la incorporación del 25% de ladrillo reciclado triturado presenta la mayor disminución de trabajabilidad sin aditivo, ya que el slump fue de 1 1/4", con contenido de aire de 1.6%, lo cual evidencia una mezcla seca. A pesar de ello, la resistencia a la compresión a los 28 días fue de 367.44 kg/cm², superando a la mezcla patrón (303.54 kg/cm²). Al incorporar el Sikament 290N (1%), se logró una mejora clara en la trabajabilidad (slump de 3") y se obtuvo el mayor desempeño mecánico de todas las mezclas evaluadas, alcanzando 413.67 kg/cm² a los 28 días, con contenido de aire de 1.7%. Por lo tanto, se acepta la hipótesis específica del 25% con aditivo, ya que mejora significativamente las propiedades físicas y mecánicas del concreto en comparación con la mezcla patrón.

X. Recomendaciones

Se sugiere evaluar diferentes dosificaciones del superplastificante Sikament 290N (por ejemplo, 0.7% y 1.2% respecto al peso del cemento), con el fin de identificar la dosis mínima efectiva que permita mantener la trabajabilidad y maximizar la resistencia, sin incrementar costos innecesarios.

Se recomienda realizar ensayos complementarios de durabilidad (absorción, penetración de agua, permeabilidad o carbonatación) para determinar si, aun con un 15% de sustitución, el ladrillo reciclado puede modificar el comportamiento del concreto frente a agentes externos, especialmente por su porosidad.

Se propone ampliar los ensayos de resistencia a la compresión a edades mayores a 28 días (56, 90 y 120 días), debido a que se observó una tendencia a la disminución posterior a los 28 días, lo cual requiere confirmación para sustentar su uso en aplicaciones de mayor exigencia.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Se recomienda aplicar un pretratamiento del ladrillo triturado (por ejemplo, saturación previa en condición SSD) antes del mezclado, con la finalidad de reducir la absorción inicial de agua, estabilizar la consistencia del concreto y disminuir variaciones no controladas en la relación agua/cemento.

Se sugiere realizar un control más estricto de la granulometría del ladrillo triturado (ajuste de finos y uniformidad del material), ya que al ser un porcentaje alto de reemplazo, cualquier variación en tamaño de partículas puede afectar significativamente la trabajabilidad y la resistencia, así como la homogeneidad de la mezcla.

Se recomienda desarrollar una validación en condiciones de obra (mezclado, transporte, colocación y compactación), debido a que, aunque el 25% con aditivo mostró el mejor desempeño mecánico, su trabajabilidad sin aditivo fue baja, por lo que es importante verificar que el comportamiento observado en laboratorio sea reproducible en campo.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

XI. Referencias bibliográficas

Abanto Castillo, F. (2009). *Tecnología del concreto (teoría y problemas)*.

Abbas, Z. K., & Abbood, A. A. (2021). The influence of incorporating recycled brick on concrete properties. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1067*, 012010. https://doi.org/10.1088/1757-899X/1067/1/012010

Bolaina Bolaina, E. de J., Mora Ortíz, R. S., Díaz Alvarado, S. A., & Munguía Balvanera, E. (2024). Aprovechamiento del escombro de ladrillo rojo como agregado fino en mezclas de mortero de albañilería. *Emerging Trends in Education, 8*(3), 153-164. https://doi.org/10.19136/jeeos.a8n3.6317

Boulghebar, K., Hadj Sadok, A., & Brahma, A. (2025). Effect of recycled brick sand on mechanical and transfer properties of roller compacted concrete "RCC" used for dams. *Revista Matéria, 30*, e20240703. https://doi.org/10.1590/1517-7076-RMAT-2024-0703

Bravo-Segovia, C., Lugo-Castillo, Y. M., & Guerra-Mera, J. C. (2024). Uso del ladrillo reciclado triturado como sustituto del agregado fino en diseño de hormigón de 21 MPa. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación, 7*(14), 181-195.

Calderón Burga, L. E., & Yocya Fiestas, L. F. (2024). *Evaluación de la resistencia mecánica del concreto, utilizando como agregado fino ladrillos de arcilla reciclada* [Tesis de licenciatura, Universidad Señor de Sipán].

Canales Cieza, N. F. (2025). *Estudio del efecto del ladrillo triturado sobre las propiedades mecánicas* [Trabajo de investigación de pregrado, Universidad Señor de Sipán].

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Chang, J., Luo, S.-L., Ailifeila, A., Chong, L.-L., & Jiang, J.-Q. (2022). Effects of coarse and fine crushed clay brick content on the compressive strength of recycled aggregate concrete and the microscopic mechanism. *Geofluids, 2022*, Article 1341185. https://doi.org/10.1155/2022/1341185

Chavarría Reyes, L., Chavarry Vallejos, C., Valencia Gutiérrez, A., Pereyra Salardi, E., & Hurtado Iglesias, C. (2021). Arcilla cocida como agregado fino para mejorar las propiedades mecánicas del hormigón estructural. *Aporte Santiaguino, 14*(2), 147-158.

Chen, F., Wu, K., Ren, L., Xu, J., & Zheng, H. (2019). Internal curing effect and compressive strength calculation of recycled clay brick aggregate concrete. Materials, 12(11), 1815. https://doi.org/10.3390/ma12111815

Dang, J., & Zhao, J. (2019). Influence of waste clay bricks as fine aggregate on the mechanical and microstructural properties of concrete. *Construction and Building Materials, 228*, 116757. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.116757

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw-Hill/Interamericana Editores.

Housing News Desk. (2023, 25 de septiembre). *What is the workability of concrete*. Housing News Desk.

McCormac, J. C., & Brown, R. H. (2017). *Diseño de concreto reforzado* (10ª ed., R. A. Juárez, Trad.). Alfaomega Grupo Editor. (Trabajo original publicado en 2015 por John Wiley & Sons, Inc.)

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de ensayo de materiales* (mayo 2016). Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2023). *Informe N.º 003-2023/DGAA-DGA: Resultados de la gestión de residuos sólidos 2021-2022 en el marco de las competencias del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento*. Dirección de Gestión Ambiental.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Mimbela Orderique, F., Muñoz Pérez, S., & Rodríguez Lafitte, E. (2021). Uso de ladrillos triturados en concreto: una revisión literaria. *Revista Politécnica, 17*(34), 82-100. https://doi.org/10.33571/rpolitec.v17n34a6

Mohammed, T. U., Rony, M. A., Zunaied Bin Harun, M., Uddin, N., Saha, D., Rahman, M. N., & Mahmood, A. H. (2024). Alternative fine aggregates to natural river sand for manufactured concrete ensuring circular economy. *Construction Materials, 4*(4), 640–654. https://doi.org/10.3390/constrmater4040035

Moreno, J., & Troconis, O. (2018). Factores que afectan la resistencia a la compresión de las probetas de concreto: Una revisión. *Revista Tecnocientífica URU, 15*, 69-80.

Muñoz Benavides, J. P., & Sandoval Merino, A. T. (2024). *Influencia de los aditivos superplastificantes Master Ease 3900 y Sikament 290 N en las propiedades del concreto cemento-arena, elaborado con agregado fino marginal, Iquitos – 2024* [Tesis de licenciatura, Universidad Científica del Perú].

Nachimuthu, B., Viswanathan, R., Subramaniyan, Y., & Baskaran, J. (2024). Mechanical properties of recycled concrete aggregates with superplasticizer. *Revista Matéria, 29*(2), Artículo e20230382. https://doi.org/10.1590/1517-7076-RMAT-2023-0382

Neville, A. M. (1995). *Propiedades de los concretos* (1ª ed.). Pearson Educación.

Norma Técnica Peruana (NTP) 331.017. (2015). *Unidades de albañilería. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Requisitos* (2ª ed.). Instituto Peruano de Normalización.

Norma Técnica Peruana (NTP) 334.001. (2001). *Concreto. Definiciones y nomenclatura* (2ª ed.). Instituto Peruano de Normalización.

Norma Técnica Peruana (NTP) 339.035. (2015). *Concreto. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de Cemento Portland* (4ª ed.). Instituto Peruano de Normalización.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Norma Técnica Peruana (NTP) 339.046. (2019). *Concreto. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón* (2ª ed.). Instituto Peruano de Normalización.

Norma Técnica Peruana (NTP) 339.047. (2019). *Concreto. Definiciones y terminología relativas al concreto y agregados* (3ª ed.). Instituto Peruano de Normalización.

Norma Técnica Peruana (NTP) 339.183. (2013). *Concreto. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio* (2ª ed.). Instituto Peruano de Normalización.

Norma Técnica Peruana (NTP) 339.184. (2021). *Concreto. Determinación de la temperatura del concreto de cemento hidráulico recién mezclado* (3ª ed.). Instituto Peruano de Normalización.

Norma Técnica Peruana (NTP) 339.185. (2013). *Concreto. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado* (3ª ed.). Instituto Peruano de Normalización.

Norma Técnica Peruana (NTP) 400.011. (2013). *Agregados. Definiciones y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concreto)* (2ª ed.). Instituto Peruano de Normalización.

Norma Técnica Peruana (NTP) 400.012. (2013). *Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global (concreto)* (3ª ed.). Instituto Peruano de Normalización.

Norma Técnica Peruana (NTP) 400.017. (2011). *Agregados. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado* (3ª ed.). Instituto Peruano de Normalización.

Norma Técnica Peruana (NTP) 400.021. (2013). *Agregados. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso* (3ª ed.). Instituto Peruano de Normalización.

Parrales-Espinales, V. J., Chiliquinga-Lago, B., & Guerra-Mera, J. C. (2023). Composición de mezclas de agregados gruesos y finos en la resistencia a la compresión y porosidad del

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

hormigón. *Polo del Conocimiento, 8*(11), 600-613. https://doi.org/10.23857/pc.v8i11.6227

Pasquel Carbajal, E. (1998). *Tópicos de tecnología del concreto* (2ª ed.).

SENCICO. (2019). *Propuesta de Norma E.060 Concreto Armado*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Sika Perú S.A.C. (2025). *Hoja de datos del producto: Sikament®-290N* (Versión 03.03). https://www.sika.com.pe

Silva, R. V., de Brito, J., & Dhir, R. K. (2014). Properties and composition of recycled aggregates from construction and demolition waste suitable for concrete production. *Construction and Building Materials, 65*, 201-217. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.04.072

Ukwizagira, G., Nezerwa, B., & Umukunzi, G. B. (2023). Effect of crushed clay brick as partial replacement of fine aggregate in concrete. *Mediterranean Journal of Basic and Applied Sciences, 7*(1), 90-99. https://doi.org/10.46382/MJBAS.2023.7108

Winskell, J. (2023). *Global Concrete Report 2023* (3ª ed.). Pro Global Media Ltd.

Zamora Díaz, I. I. (2023). *Efecto de la resistencia y durabilidad del concreto al reemplazar ladrillo triturado* [Tesis de bachiller en Ingeniería Civil Ambiental, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo].

Zhao, H., Li, W., Gan, Y., Wang, K., & Luo, Z. (2023). Nano/microcharacterization and image analysis on bonding behaviour of ITZs in recycled concrete enhanced with waste glass powder. *Construction and Building Materials, 392*, Artículo 131904. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131904

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

XII. ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Uso de ladrillo reciclado triturado como sustituto del agregado fino adicionando 15%, 20% y 25% con superplastificante para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c=210 kg/cm², Ladrillera de Huachipa, Lima

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS PRINCIPAL	VARIABLES	DIMENSIONES	OPERACIONALIZACIÓN	INDICADORES	DISEÑO METODOLÓGICO
¿De qué manera la sustitución de 15%, 20% y 25% de ladrillo reciclado como reemplazo del agregado fino, en combinación con el uso de un aditivo superplastificante mejora las propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c= 210 kg/cm²?	Determinar como la incorporación de ladrillo reciclado triturado en proporciones de 15%, 20% y 25%, en combinación con el uso de un aditivo superplastificante, mejora las propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c = 210 kg/cm².	El uso de ladrillo reciclado como sustituto parcial del agregado fino en proporciones de 15%, 20% y 25%, en combinación con el uso de un aditivo superplastificante, mejora las propiedades físicas y mecánicas del concreto con f'c = 210 kg/cm².	**VARIABLE INDEPENDIENTE: Ladrillo reciclado triturado como sustituto del agregado fino en proporciones de 15%, 20% y 25% en combinación con aditivo superplastificante.** La variable independiente está constituida por la sustitución parcial del agregado fino por ladrillo reciclado triturado, en proporciones de 0% (mezcla patrón), 15%, 20% y 25%, en combinación con un aditivo superplastificante (Sikament 290N), con el fin de analizar su efecto sobre las propiedades físicas y mecánicas del concreto. El ladrillo reciclado triturado proviene de unidades de albañilería de arcilla sometidas a cocción a altas temperaturas (INACAL - NTP 331.017, 2015), cuya porosidad natural le otorga una absorción de agua considerablemente mayor que la de los agregados naturales (Chidiroglou citado por Silva,	Granulometría: módulo de finura	Ficha 1 de protocolo de ensayo de granulometría de acuerdo con la NTP 400.012.	2.3 a 3.1	**Tipo de investigación:** Aplicada (Sampieri 2014, p. XXIV) **Nivel de Investigación:** Explicativa con enfoque Cuantitativo (Sampieri 2014, p. 95, p. 4) Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, (2014) nos dice que: Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables. **Diseño de investigación** Cuasiexperimental de corte longitudinal (Sampieri 2014) **Área de estudio:** Huachipa-Lima **Población:** Concretos de resistencia f'c = 210 kg/cm²,
				Peso específico	Ficha 2 de protocolo de ensayo de peso específico de acuerdo con la NTP 400.022.	2.4 g/cm3 a 2.9 g/cm3	
				Absorción	Ficha 2 de protocolo de ensayo de absorción de acuerdo con la NTP 400.022.	7% a 20%	
				Contenido de humedad	Ficha 3 de protocolo de ensayo de contenido de humedad de acuerdo con la NTP 339.185	0.2% - 3%	
				Peso unitario suelto y compactado	Ficha 4 de protocolo Peso unitario suelto y	1.30 g/cm3 a 2 g/cm3	
Problema específico	**Objetivos específicos**	**Hipótesis específica**					
¿De qué manera la sustitución de 15% de ladrillo reciclado como reemplazo del agregado fino, en combinación con el	Determinar como la incorporación del 15% de ladrillo reciclado triturado como reemplazo parcial del agregado	El uso de ladrillo reciclado como sustituto parcial del agregado fino en proporción de 15%, en combinación con el uso de un aditivo					

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

uso de un aditivo superplastificante, mejora las propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c= 210 kg/cm²?	fino, en combinación con el uso de un aditivo superplastificante, influye en la mejora de las propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c = 210 kg/cm².	superplastificante, incrementa las propiedades físicas y mecánicas del concreto con f'c = 210 kg/cm²	2014), dependiendo del tipo de arcilla y del proceso de cocción empleado (Khalaf citado por Silva, 2014).		compactado NTP 400.017		elaborados con sustitución parcial del agregado fino por ladrillo reciclado triturado, en proporciones de 0%, 15%, 20% y 25%, con y sin la incorporación del aditivo superplastificante Sikament 290N. **Muestra:** Dosificaciones de concreto con una resistencia de f'c = 210 kg/cm² con sustitución parcial del 15%, 20% y 25% de ladrillo reciclado triturado. En base a la NTP 339.034. El tipo de muestreo empleado en esta investigación es no probabilístico por conveniencia. **Instrumentos:** Máquinas de laboratorio, herramientas de ensayos y fichas de protocolo de ensayo laboratorio.
				Dosis de superplastificante	Está dentro de los protocolos de las fichas 1, 2, 3 y 4.	0.7% - 1.2% del peso del cemento.	
¿De qué manera la sustitución de 20% de ladrillo reciclado como reemplazo del agregado fino, en combinación con el uso de un aditivo superplastificante mejora las propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c= 210 kg/cm²?	Determinar como la incorporación de ladrillo reciclado triturado en proporción de 20%, en combinación con el uso de un aditivo superplastificante mejora las propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c = 210 kg/cm².	El uso de ladrillo reciclado como sustituto parcial del agregado fino en proporción 20%, en combinación con el uso de un aditivo superplastificante, aumenta las propiedades físicas y mecánicas del concreto con f'c = 210 kg/cm².	**VARIABLE DEPENDIENTE Propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c=** 210 kg/cm². La variable dependiente está constituida por las propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c = 210 kg/cm², evaluadas mediante la trabajabilidad (ensayo de asentamiento o slump) como propiedad física, y la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días como propiedad mecánica, con el fin de determinar el efecto de la sustitución del agregado fino por ladrillo reciclado triturado y la incorporación del aditivo superplastificante. Las propiedades físicas se relacionan con el comportamiento del concreto sin aplicar cargas, como la densidad, porosidad y trabajabilidad (Neville, 2013), mientras que las propiedades mecánicas definen su capacidad para resistir esfuerzos como la compresión o la tracción (Mehta & Monteiro, 2014).	Trabajabilidad (slump)	Ficha 5 de protocolo de ensayo asentamiento de acuerdo con la NTP 339.035.	3" – 4"	
¿De qué manera la sustitución de 25% de ladrillo reciclado como reemplazo del agregado fino, en combinación con el uso de un aditivo superplastificante mejora las propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c= 210 kg/cm².	Determinar como la incorporación de ladrillo reciclado triturado en proporción de 25%, en combinación con el uso de un aditivo superplastificante, mejora las propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c = 210 kg/cm².	El uso de ladrillo reciclado como sustituto parcial del agregado fino en proporción 25%, en combinación con el uso de un aditivo superplastificante, beneficia las propiedades físicas y mecánicas del concreto con f'c = 210 kg/cm².		Resistencia a la compresión	Ficha 6 de protocolo de ensayo de resistencia a la compresión de acuerdo con la NTP 339.034.	Baja: 210 kg/cm². Media: 320 kg/cm² Alta: 380kg/cm²	

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ANEXO 2: FICHAS DE PROTOCOLO

FICHA 1 DE PROTOCOLO DE ENSAYO DE GRANULOMETRIA- AF (ENSAYO DESCARTADO)

CIENTÍFICA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR	LABORATORIO DE CONCRETO			
	PROTOCOLO			
	ENSAYO	ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO FINO		
	NORMA	NTP 400.012 / ASTM C136		
CANTIDAD DE MUESTRA		RESPONSABLE		
FECHA DE ENSAYO				
INICIO DEL ENSAYO		REVISADO POR:		
FIN DEL ENSAYO				



MUESTRA DEL AGREGADO FINO (i): 500 g
MUESTRA DEL AGREGADO FINO (f): 498.10 g

Arenas:	
Gravas:	
Limos y Arc.	

Donde: (i): Peso de muestra antes del tamizado
(f): Peso de muestra después del tamizado

Abertura de tamiz		Peso retenido (g)	% Retenido		% Pasa	Husos Granulométrico	
pulg	mm		% Total	% Acumulado		Límite Inferior	Límite Superior
3”	75,00	0.00	0.00	0.00	100		
1 ½”	37,50	0.00	0.00	0.00	100		
1”	25,00	0.00	0.00	0.00	100		
¾”	19,00	0.00	0.00	0.00	100		
½”	12,50	0.00	0.00	0.00	100		
3/8”	9,50	0.00	0.00	0.00	100	100	100
N° 4	4,75	3.50	0.70	0.70	99.30	95	100
N° 8	2,36	46.20	9.28	9.98	90.02	80	100
N° 16	1,18	150.70	30.26	40.24	59.76	50	85
N° 30	0,60	153.00	30.72	70.96	29.04	25	60
N° 50	0,30	57.80	11.61	82.57	17.43	5	30
N° 100	0,15	37.70	7.57	90.14	9.86	0	10
FONDO		49.10	9.86	100		0.00	
Peso Total gr		498.10					

$$mg = \frac{\sum \%Ret.Acum.\,(3", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100}{100} = 2.55$$

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

FICHA 1 DE PROTOCOLO DE ENSAYO DE GRANULOMETRIA- AF CORREGIDA

CIENTÍFICA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR	LABORATORIO DE CONCRETO			
	PROTOCOLO			
	ENSAYO	ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO FINO		
	NORMA	NTP 400.012 / ASTM C136		
CANTIDAD DE MUESTRA		RESPONSABLE		
FECHA DE ENSAYO				
INICIO DEL ENSAYO		REVISADO POR:		
FIN DEL ENSAYO				



MUESTRA DEL AGREGADO FINO (i): 1000 g
MUESTRA DEL AGREGADO FINO (f): 999.60 g

Arenas:	
Gravas:	
Limos y Arc.	

Donde: (i): Peso de muestra antes del tamizado
(f): Peso de muestra después del tamizado

Abertura de tamiz		Peso retenido (g)	% Retenido		% Pasa	Husos Granulométrico	
pulg	mm		% Total	% Acumulado		Límite Inferior	Límite Superior
3”	75,00	0.00	0.00	0.00	100		
1 ½”	37,50	0.00	0.00	0.00	100		
1”	25,00	0.00	0.00	0.00	100		
¾”	19,00	0.00	0.00	0.00	100		
½”	12,50	0.00	0.00	0.00	100		
3/8”	9,50	0.00	0.00	0.00	100	100	100
N° 4	4,75	39.70	3.97	3.97	96.03	95	100
N° 8	2,36	156.10	15.62	19.59	80.41	80	100
N° 16	1,18	135.40	13.55	33.13	66.87	50	85
N° 30	0,60	258.80	25.89	59.02	40.98	25	60
N° 50	0,30	321.50	32.16	91.19	8.81	5	30
N° 100	0,15	78.30	7.83	99.02	0.98	0	10
FONDO		9.80	0.98	100		0.00	
Peso Total gr		999.60					

$$mf = \frac{\sum \%Ret.Acum.\,(3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100}{100} = 3.06$$

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

FICHA 1 DE PROTOCOLO DE ENSAYO DE GRANULOMETRIA- AG

CIENTÍFICA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR	LABORATORIO DE CONCRETO			
	PROTOCOLO			
	ENSAYO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO GRUESO		
	NORMA	NTP 400.012 / ASTM C136		
CANTIDAD DE MUESTRA		RESPONSABLE		
FECHA DE ENSAYO				
INICIO DEL ENSAYO		REVISADO POR:		
FIN DEL ENSAYO				



MUESTRA DEL AGREGADO FINO (i): 5000 g
MUESTRA DEL AGREGADO FINO (f): 5000.40 g

Abertura de tamiz		Peso retenido (g)	% Retenido		% Pasa	Husos Granulométrico	
pulg	mm		% Total	% Acumulado		Límite Inferior	Límite Superior
3”	75,00	0.00	0.00	0.00	100		
1 ½”	37,50	0.00	0.00	0.00	100	100	100
1”	25,00	451.7	9.03	9.03	90.97	90	100
¾”	19,00	3149.8	62.99	72.02	27.98	40	85
½”	12,50	1388.60	27.77	99.79	0.21	10	40
3/8”	9,50	0.00	0.00	99.79	0.21	0	15
N° 4	4,75	5.80	0.12	99.91	0.09	0	5
N° 8	2,36	0.60	0.01	99.92	0.08	0	0
N° 16	1,18	0.30	0.01	99.93	0.07	0	0
N° 30	0,60	0.40	0.01	99.94	0.06	0	0
N° 50	0,30	0.20	0.00	99.94	0.06	0	0
N° 100	0,15	0.70	0.01	99.95	0.05	0	0
FONDO		2.30	0.00	0.00	100		
Peso Total gr		5000.40					

$$mg = \frac{\sum \%Ret.Acum.\,(3", 1\ 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100}{100} = 7.71$$

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

FICHA 2 DE PROTOCOLO DE ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN – AF

CIENTÍFICA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR	LABORATORIO DE CONCRETO			
	PROTOCOLO			
	ENSAYO	PESO ESPECÍFICO Y DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO		
	NORMA	NTP 400.021 / ASTM C127/ NTP 400.022 / ASTM C128		
CANTIDAD DE MUESTRA	500 g	RESPONSABLE		
FECHA DE ENSAYO				
INICIO DEL ENSAYO		REVISADO POR:		
FIN DEL ENSAYO				

Descripción	Unidad	Agregado Fino
N° Recipiente	-	-
(a) Masa de la muestra secada al horno	g	494
(b) Masa del picnómetro llenado de agua hasta la marca de calibración	g	691.70
© Masa del picnómetro llenado de muestra y agua hasta la marca de calibrada	g	1006.90
(s) Masa de la muestra saturada superficialmente seca	g	500
(Pem) PESO ESPECÍFICO DE MASA	g	2.67
(PeSSS) PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	g	2.71
(Pea) PESO ESPECÍFICO APARENTE	g	2.76
(%Abs) PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	**%**	1.21

FÓRMULAS
$Pem = \left(\frac{a}{b+s-c}\right)$
$PeSSS = \left(\frac{s}{b+s-c}\right)$
$Pea = \left(\frac{a}{b+a-c}\right)$
$\%Abs = \left(\frac{s-a}{a}\right) * 100$

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

FICHA 2 DE PROTOCOLO DE ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN – AG

CIENTÍFICA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR	LABORATORIO DE CONCRETO		
	PROTOCOLO		
	ENSAYO	PESO ESPECÍFICO Y DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO	
	NORMA	NTP 400.021 / ASTM C127/ NTP 400.022 / ASTM C128	
CANTIDAD DE MUESTRA	3000 g	RESPONSABLE	
FECHA DE ENSAYO			
INICIO DEL ENSAYO		REVISADO POR:	
FIN DEL ENSAYO			

Descripción	Unidad	Agregado Grueso
N° Recipiente	-	-
(A) Masa de la muestra secada al horno	g	2969
(B) Masa de la muestra saturada con superficie seca	g	3000
© Masa de la muestra sumergida en agua	g	1912.80
(Pem) PESO ESPECÍFICO DE MASA	g	2.73
(PeSSS) PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	g	2.76
(Pea) PESO ESPECÍFICO APARENTE	g	2.81
(%Abs) PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	1.04

FÓRMULAS
$Pem = \frac{A}{(B-C)}$
$PeSSS = \frac{B}{(B-C)}$
$Pea = \frac{A}{(A-C)}$
$\%Abs = \left[\frac{B-A}{A}\right] \times 100$

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

FICHA 3 DE PROTOCOLO DE ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD

CIENTÍFICA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR	LABORATORIO DE CONCRETO			
	PROTOCOLO			
	ENSAYO	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL DEL AGREGADO GRUESO Y FINO		
	NORMA	NTP 339.185 / ASTM C566		
CANTIDAD DE MUESTRA:		RESPONSABLE		
FECHA DE ENSAYO:				
INICIO DEL ENSAYO:		REVISADO POR:		
FIN DEL ENSAYO:				
OBJETIVO:	Determinar el contenido de humedad natural del agregado grueso y fino, en base al método de secado en horno, para ajustar correctamente el diseño de mezcla.			
TEMPERATURA DE SECADO	110 °C			
MÈTODO	Horno 110 ± 5 °C			

A- CUADRO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (PARA AGREGADO GRUESO Y FINO)

CONTENIDO DE HUMEDAD

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5	6
A	Identificación del recipiente o Tara	-	AG	AF				
B	Peso del Recipiente	gr	1170	78				
C	Recipiente + Material Natural	gr	5170	578				
D	Recipiente + Material Seco	gr	5155	573.1				
E	Peso del material húmedo **(Ph) = C – B**	gr	4000	500				
F	Peso del material Seco **(Ps)= D – B**	gr	3985	495.1				
W%	Porcentaje de humedad **(E – F / F) * 100**	%	0.38%	0.99%				
G	Promedio Porcentaje Humedad	%						
FORMULA:	$w = \frac{P_h - P_s}{P_s} \cdot 100$							

Nota: Materia hace mención tanto al suelo como a los agregados tanto grueso como fino.

OBSERVACIONES:

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

CIENTÍFICA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR	LABORATORIO DE CONCRETO					
	PROTOCOLO					
	ENSAYO	PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO Y FINO				
	NORMA	NTP 400.017 / ASTM C2				
CANTIDAD DE MUESTRA:		RESPONSABLE				
FECHA DE ENSAYO:						
INICIO DEL ENSAYO:		REVISADO POR:				
FIN DEL ENSAYO:						
OBJETIVO:	Determinar la densidad aparente (peso unitario) de estos materiales en diferentes estados de compactación (suelto y compactado) y calcular los vacíos entre partículas.					

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

AGREGADO FINO		TAMAÑO MÁX. NOMINAL			VOLUMEN MOLDE	2827.43 cm^3
ID	**DESCRIPCIÓN**	**UND**	**1**	**2**	**3**	**RESULTADO**
A	Peso del Molde + AF Compactado	g	7009	7083	7045	7045.67
B	Peso del molde	g	1685	1685	1685	1685
C	Peso del AF Compactado, **C = A – B**	g	5324	5398	5360	5360.67
D	**PESO UNITARIO COMPACTADO D = C / Vol. Molde**	g/cm3	1.88	1.91	1.90	1.90
E	Peso del Molde + AF Suelto	g	6548	6518	6537	6534.33
F	Peso del AF Suelto, **F = E – B**	g	46.83	48.33	48.52	4849.33
G	**PESO UNITARIO SUELTO, G = F / Vol. Molde**	g/cm3	1.72	1.71	1.72	1.72

Peso del Molde		FORMULAS:
Altura **cm**		**Peso Unitario Suelto (PUs):** $PU_s = \frac{W_s}{V}$ Ws: Masa de la muestra suelta. V: Volumen del recipiente **Peso Unitario Compactado (PUc):** $PU_c = \frac{W_c}{V}$
Diamétro		
Volumen de molde		

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

AGREGADO FINO		TAMAÑO MÁX. NOMINAL			VOLUMEN MOLDE	13744.47 cm^3
ID	**DESCRIPCIÓN**	**UND**	**1**	**2**	**3**	**RESULTADO**
A	Peso del Molde + AG Compactado	g	27804	28091	27952	27949
B	Peso del molde	g	5687	5687	5687	5687
C	Peso del AG Compactado, C = A – B	g	22117	22404	22265	22262
D	**PESO UNITARIO COMPACTADO D = C / Vol. Molde**	g/cm3	1.61	1.63	1.62	1.62
E	Peso del Molde + AG Suelto	g	25996	26213	26183	26130
F	Peso del AG Suelto, F = E – B	g	20309	20526	20496	20443

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

G	**PESO UNITARIO SUELTO, G = F / Vol. Molde**	g/cm3	1.47	1.49	1.49	1.49

FICHA 4 DE PROTOCOLO DE ENSAYO DE PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

FICHA 5 DE PROTOCOLO DE ENSAYO DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO FRESCO

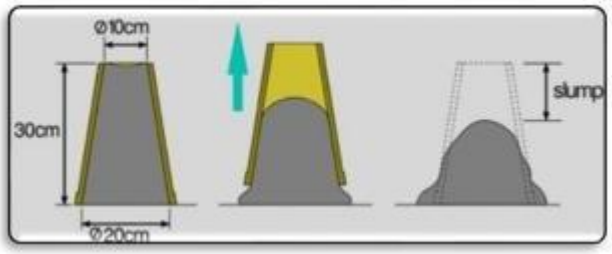
CIENTÍFICA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR	LABORATORIO DE CONCRETO			
	PROTOCOLO			
	ENSAYO	ASENTAMIENO DEL CONCRETO FRESCO (Slump test)		
	NORMA	NTP 339.035 / ASTM C143		
CANTIDAD DE MUESTRA		RESPONSABLE		
FECHA DE ENSAYO				
INICIO DEL ENSAYO		REVISADO POR:		
FIN DEL ENSAYO				

CONSISTENCIA	
Consistencia	**Asentamiento (cm)**
Seca	0 - 2
Plástica	3 - 5
Blanda	6 - 9
Fluida	10 - 15
Líquida	≥16

PROCESO DE ENSAYO	
Capas	**N° de golpes**
1	25
2	25
3	25

ASENTAMIENTO DEL CONCRETO	
Slump (cm)	3”
Consistencia	Plástica

Dimensiones del Molde



OBSERVACIONES:

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

FICHA 6 DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CIENTÍFICA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR	LABORATORIO DE CONCRETO		
	PROTOCOLO		
	ENSAYO	ROTURA DE PROBETAS	
	NORMA	NTP 339.034 / ASTM C39	
CANTIDAD DE MUESTRA		RESPONSABLE	
FECHA DE ENSAYO			
INICIO DEL ENSAYO		REVISADO POR:	
FIN DEL ENSAYO			

Dosificación	Edad de curado	N.° probeta	Resistencia (MPa)	Resistencia (kg/cm²)	Promedio f'c (kg/cm²)
Mezcla patrón (0%)	7 días	Probeta 1	24.4	248.81	243.03
		Probeta 2	24.8	252.89	
		Probeta 3	22.3	227.40	
Mezcla patrón (0%)	14 días	Probeta 4	29.8	303.88	298.78
		Probeta 5	31.5	321.21	
		Probeta 6	26.6	271.24	
Mezcla patrón (0%)	28 días	Probeta 7	29.4	299.80	303.54
		Probeta 8	29.6	301.84	
		Probeta 9	30.3	308.98	
Mezcla 15% ladrillo (sin aditivo)	7 días	Probeta 1	27.6	281.44	277.36
		Probeta 2	25.9	264.11	
		Probeta 3	28.1	286.54	
Mezcla 15% ladrillo (sin aditivo)	14 días	Probeta 4	29.1	296.74	288.58
		Probeta 5	28.0	285.52	
		Probeta 6	27.8	283.48	
Mezcla 15% ladrillo (sin aditivo)	28 días	Probeta 7	30.0	305.92	291.64
		Probeta 8	30.2	307.96	
		Probeta 9	25.6	261.05	
Mezcla 20% ladrillo (sin aditivo)	7 días	Probeta 1	28.5	290.62	288.58
		Probeta 2	27.8	283.48	
		Probeta 3	28.6	291.64	
Mezcla 20% ladrillo (sin aditivo)	14 días	Probeta 4	30.7	313.05	305.91
		Probeta 5	28.2	287.56	
		Probeta 6	31.1	317.13	
Mezcla 20% ladrillo (sin aditivo)	28 días	Probeta 7	35.7	364.04	368.46

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Dosificación	Edad de curado	N.° probeta	Resistencia (MPa)	Resistencia (kg/cm²)	Promedio f'c (kg/cm²)
		Probeta 8	36.3	370.16	
		Probeta 9	36.4	371.18	
Mezcla 25% ladrillo (sin aditivo)	7 días	Probeta 1	31.1	317.13	319.17
		Probeta 2	31.7	323.25	
		Probeta 3	31.1	317.13	
Mezcla 25% ladrillo (sin aditivo)	14 días	Probeta 4	33.4	340.59	327.33
		Probeta 5	35.0	356.90	
		Probeta 6	27.9	284.50	
Mezcla 25% ladrillo (sin aditivo)	28 días	Probeta 7	36.1	368.12	367.44
		Probeta 8	33.2	338.55	
		Probeta 9	38.8	395.65	
Mezcla 15% ladrillo + aditivo Sikament 290N (1%)	7 días	Probeta 1	30.6	312.03	309.65
		Probeta 2	27.5	280.42	
		Probeta 3	33.0	336.51	
Mezcla 15% ladrillo + aditivo Sikament 290N (1%)	14 días	Probeta 4	33.9	345.69	343.31
		Probeta 5	31.1	317.13	
		Probeta 6	36.0	367.10	
Mezcla 15% ladrillo + aditivo Sikament 290N (1%)	28 días	Probeta 7	39.5	402.79	372.54
		Probeta 8	35.9	366.08	
		Probeta 9	34.2	348.74	
Mezcla 20% ladrillo + aditivo Sikament 290N (1%)	7 días	Probeta 1	33.3	339.57	336.17
		Probeta 2	33.9	345.69	
		Probeta 3	31.7	323.25	
Mezcla 20% ladrillo + aditivo Sikament 290N (1%)	14 días	Probeta 4	37.8	385.45	387.83
		Probeta 5	40.2	409.93	
		Probeta 6	36.1	368.12	
Mezcla 20% ladrillo + aditivo Sikament 290N (1%)	28 días	Probeta 7	36.4	371.18	382.73
		Probeta 8	37.2	379.34	
		Probeta 9	39.0	397.69	
Mezcla 25% ladrillo + aditivo Sikament 290N (1%)	7 días	Probeta 1	33.2	338.55	349.42
		Probeta 2	34.8	354.86	
		Probeta 3	34.8	354.86	
Mezcla 25% ladrillo + aditivo Sikament 290N (1%)	14 días	Probeta 4	39.9	406.87	419.10
		Probeta 5	38.1	388.51	
		Probeta 6	45.3	461.93	
Mezcla 25% ladrillo + aditivo Sikament 290N (1%)	28 días	Probeta 7	40.9	417.07	413.67
		Probeta 8	41.6	424.20	
		Probeta 9	39.2	399.73	

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ANEXO 3: FICHA TÉCNICA CEMENTO SOL

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR



FICHA TÉCNICA
CEMENTO SOL

DESCRIPCIÓN:

Tipo I, Cemento Portland de uso general.

BENEFICIOS:

- Acelerado desarrollo de resistencias iniciales.
- Óptima trabajabilidad.
- Permite menor tiempo de desencofrado.
- Excelente desarrollo de resistencias en shotcrete.
- Excelente permanencia del slump.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- Cumple con la Norma Técnica Peruana NTP - 334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150.

APLICACIONES:

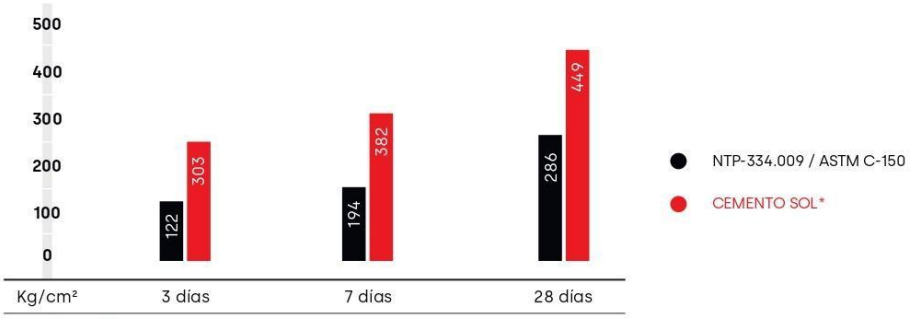
- Construcciones en general y de gran envergadura cuando no se requieren características especiales o no especifique otro tipo de cemento.
- Preparación de concretos para cimientos, sobrecimientos, zapatas, vigas, columnas y techado.

FORMATO DE DISTRIBUCIÓN:

- Bolsas de 42.5 kg: 03 pliegos (02 de papel + 01 film plástico).
- Bolsas de 25 kg: 03 pliegos (02 de papel + 01 film plástico).
- Granel: A despacharse en camiones bombonas y *big bags*.

REQUISITOS MECÁNICOS:

COMPARACIÓN RESISTENCIAS NTP-334.009 / ASTM C-150 VS. CEMENTO SOL



* Valores referenciales

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

PARÁMETRO	UNIDAD	CEMENTO SOL	REQUISITOS NTP-334.009/ ASTM C-150
Contenido de aire	%	7	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.09	Máximo 0.80
Superficie específica	m^2/kg	323	Mínimo 260
Densidad	g/cm^3	3.13	No especifica
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm^2	303	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm^2	382	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm^2	449	Mínimo 285 (*)
TIEMPO DE FRAGUADO			
Fraguado Vicat inicial	min	129	45 a 375
COMPOSICIÓN QUÍMICA			
MgO	%	2.9	Máximo 6.0
SO3	%	2.8	Máximo 3.5
Pérdida al fuego	%	2.2	Máximo 3.5
Residuo insoluble	%	0.9	Máximo 1.5
FASES MINERALÓGICAS			
C2S	%	12	No especifica
C3S	%	55	No especifica
C3A	%	10	No especifica
C4AF	%	10	No especifica

(*) Requisito opcional

RECOMENDACIONES GENERALES

DOSIFICACIÓN:

- Utilizar agua, arena y piedra libre de impurezas.
- Respetar la relación agua-cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- Para desarrollar la resistencia a la compresión del concreto y evitar grietas, se necesita curar por lo menos durante 7 días.

MANIPULACIÓN:

- Se debe manipular el cemento en ambientes ventilados.
- Usar la vestimenta y epp adecuados: casco, protectores para los ojos, guantes y botas.
- El contacto con la humedad o con el polvo de cemento sin protección puede causar irritación o daño en la piel.

ALMACENAMIENTO:

- Las bolsas con cemento deben ser almacenadas en recintos secos, protegidos de la intemperie, lluvia y humedad.
- Las bolsas deben ser colocadas sobre parihuelas de madera seca, en áreas niveladas y estables. Posterioremente cubrirlas con mantas de plástico.
- Apilar como máximo 10 bolsas de cemento y evitar tiempos prolongados de almacenamiento.

www.unacem.pe

UNACEM

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ANEXO 4: FICHA TÉCNICA DE ADITIVO SIKAMENT 290 N

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

CONSTRUYENDO CONFIANZA

HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

Sikament®-290 N

ADITIVO POLIFUNCIONAL E IMPERMEABILIZANTE PARA CONCRETO

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sikament®-290N es un aditivo polifuncional (plastificante o superplastificante) e impermeabilizante. Sikament®-290N no contiene cloruros y no ejerce ninguna acción corrosiva sobre las armaduras.

USOS

Sikament®-290N está particularmente indicado para:
- Todo tipo de concretos fabricados en plantas concreteras con la ventaja de poder utilizarse como plastificante o superplastificante con sólo variar la dosificación.
- En concretos bombeados porque permite obtener consistencias adecuadas sin aumentar la relación agua/cemento.
- Transporte a largas distancias sin pérdidas de trabajabilidad.
- Concretos fluidos que no presentan segregación ni exudación.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Aumento de las resistencias mecánicas.
- Terminación superficial de alta calidad.
- Mayor adherencia a las armaduras.
- Permite obtener mayores tiempos de manejabilidad de la mezcla a cualquier temperatura.
- Permite reducir hasta el 20% del agua de la mezcla.
- Aumenta considerablemente la impermeabilidad y durabilidad del concreto.
- Facilita el bombeo del concreto a mayores distancias y alturas.
- Proporciona una gran manejabilidad de la mezcla evitando segregación y la formación de cangrejeras.
- Reductor de agua.

CERTIFICADOS / NORMAS

Como plastificante cumple con la Norma ASTM C 494, tipo D y como superplastificante con la Norma ASTM C 494, tipo G.

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Empaques	▪ Dispenser x 1000 L ▪ Cilindro x 200 L ▪ Balde x 20 L ▪ PET x 4 L
Apariencia / Color	Líquido pardo oscuro
Vida Útil	1 año
Condiciones de Almacenamiento	El producto debe de ser almacenado en su envase original bien cerrado y bajo techo en lugar fresco resguardado de heladas. Para el transporte debe tomarse las precauciones normales para el manejo de un producto químico.
Densidad	1.20 +/- 0.02

INFORMACIÓN DE APLICACIÓN

Dosificación Recomendada	▪ Como plastificante: del 0,3 % – 0,7 % del peso del cemento.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

▪ Como superplastificante: del 0,7 % - 1,2 % del peso del cemento.

NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.

INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

Como Plastificante impermeabilizante
Debe incorporarse junto con el agua de amasado.
Como Superplastificante impermeabilizante
Debe incorporarse preferentemente una vez amasado el concreto y haciendo un re-amasado de al menos 1 minuto por cada m3 de carga de la amasadora o camión concretero.

RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto
.

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe. La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.

Sika Perú
Habilitación Industrial
El Lúcumo Mz. "B" Lote 6
Lurín, Lima
Tel. (511) 618-6060

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ANEXO 5: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE PRENSA DE CONCRETO

TEST & CONTROL

*Laboratorio de calibración con sistema de gestión que cumple los requisitos de la **ISO/IEC 17025:2017***

Certificado de Calibración

TC-06115-2025

Proforma : 02404 Fecha de emisión: 2025-03-08

Solicitante : **UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL SUR**
Dirección : CAR.ANTIGUA PANAMERICANA SUR KM. 19 LIMA - LIMA - VILLA EL SALVADOR

Instrumento de medición	:	**PRENSA DE CONCRETO**
Marca	:	ALFA TEST
Modelo	:	B-001/20/FA/ASTM
N° de Serie	:	230725/025
Intervalo de Indicación	:	0 kN a 2000 kN
Resolución	:	0,1 kN
Identificación	:	83523
Clase de Exactitud	:	1
Ubicación	:	Laboratorio de concreto
Fecha de Calibración	:	2025-03-07

Lugar de calibración
Instalaciones de UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL SUR

Método de calibración
Según la norma UNE-EN ISO 7500-1 2018 "Materiales metálicos Calibración y verificación de máquinas de ensayos uniaxiales estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Calibración y verificación del sistema de medida de fuerza".

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN TEST & CONTROL G.T.

Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316

PGC-16-r41 / enero 2024 / Rev. 03

Página : 1 de 3

Jr. Condesa de Lemos N° 117 San Miguel - Lima (01) 2629545 990089889 informes@testcontrol.com.pe
*Empresa con **responsabilidad social**, que acerca la ciencia a los que comparten nuestra **pasión por la metrología**.*

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Certificado de Calibración
TC-06115-2025

Trazabilidad

Trazabilidad	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración	Certificado de Calibración
Patrón de Referencia del AEP Transducers	Celda de Carga con Indicador 0 kN a 3 000 kN Clase 1	LAT 093 9623F Enero 2023	

Resultados de medición

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura Ambiental	26,1 °C	26,4 °C

Dirección de carga: Compresión

Indicación de fuerza de máquina de ensayo		Indicación del patrón de medición				Error de medición
		1ra Serie Ascenso	2da Serie Ascenso	3ra Serie Ascenso	Promedio	
(%)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
8	160	159,0	159,0	158,8	158,9	1,06
12	240	239,2	239,4	239,4	239,3	0,67
16	320	319,5	319,7	319,5	319,5	0,46
20	400	399,8	399,7	399,5	399,7	0,34
24	480	479,9	480,0	479,9	479,9	0,09
28	560	560,0	559,9	559,8	559,9	0,07
30	600	600,0	600,2	599,7	600,0	0,05
32	640	640,7	640,2	639,6	640,2	-0,18
36	720	720,3	720,7	719,9	720,3	-0,29
40	800	800,9	799,4	799,5	799,9	0,07

Valor nominal		Errores de medición relativos en %			Incertidumbre de medición relativa (k=2)
		Indicación q	Repetibilidad b	Resolución relativa a	
(%)	(kN)	(%)	(%)	(%)	(%)
8	160	0,67	0,13	0,09	0,40
12	240	0,28	0,07	0,06	0,40
16	320	0,15	0,06	0,05	0,40
20	400	0,08	0,07	0,04	0,40
24	480	0,02	0,03	0,03	0,40
28	560	0,01	0,04	0,03	0,40
30	600	0,01	0,08	0,03	0,40
32	640	-0,03	0,17	0,02	0,40
36	720	-0,04	0,12	0,02	0,40
40	800	0,01	0,19	0,02	0,40
Error relativo de cero f_o		0,01			

Jr. Condesa de Lemos N° 117 San Miguel - Lima (01) 2629545 990089889 informes@testcontrol.com.pe
Empresa con ***responsabilidad social,*** *que acerca la ciencia a los que comparten nuestra* ***pasión por la metrología.***

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Certificado de Calibración
TC-06115-2025

Clase de la escala de máquina	Valor máximo permitido en % Según ISO 7500-1			
	Indicación q	Repetibilidad b	Resolución relativa a	Cero f_o
	(%)	(%)	(%)	(%)
0,5	± 0,5	0,5	± 0,25	± 0,05
1	± 1	1	± 0,5	± 0,1
2	± 2	2	± 1	± 0,2
3	± 3	3	± 1,5	± 0,3

Incertidumbre
La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

Observaciones
Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

*** FIN DEL DOCUMENTO ***

TEST & CONTROL

Jr. Condesa de Lemos N° 117 San Miguel - Lima (01) 2629545 990089889 informes@testcontrol.com.pe
Empresa con ***responsabilidad social,*** *que acerca la ciencia a los que comparten nuestra* ***pasión por la metrología.***

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ANEXO 20: AUTORIZACIÓN DE INGRESO DE TESIS A REPOSITORIO INSTITUCIONAL

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR
AUTORIZACIÓN DE INGRESO DE TESIS EN EL RESPOSITORIO INSTITUCIONAL

1. **Título de la tesis:** "Uso de ladrillo reciclado como sustituto del agregado fino adicionando 15%, 20% y 25% con superplastificante para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c=210 kg/cm², ladrillera de Huachipa – Lima"

2. **Autores (estudiante o egresados):**

Apellidos y nombres: Calle Montalván Keyla Mishell

Correo electrónico: 100092665@cientifica.edu.pe

Tipo de tesis: **tradicional (X)** **formato de artículo de investigación ( )**

3. **Tipo de acceso** (marque una opción)
Abierto (X) → El tesista comparte íntegramente su documento.
Embargo ( ) → Se cumple alguna de las condiciones descritas en a), b), c) o d)
Restringido ( ) → Indicar por escrito la justificación, que será revisada por la DGIDI.
Cerrado ( ) → En casos de Seguridad Nacional. Indicar por escrito la justificación.

Marque una opción:

a) El artículo ya ha sido publicado en una revista indizada ( )
El acceso al texto completo depende de la autorización de la revista. Si la revista es de acceso abierto se deben proporcionar los datos de la publicación (volumen, número, páginas).

b) Tesis en formato de artículo que aún no ha sido publicado en una revista indizada ( )
El artículo está en periodo de embargo por 24 meses; luego, si el artículo no logra ser publicado, la Dirección General de Investigación, Desarrollo e Innovación (DGIDI) autoriza el acceso completo a través del repositorio institucional. Es deber del tesista informar a la DGIDI (repositorio@cientifica.edu.pe) cuando el artículo se publique.

c) Tesis con información confidencial de empresas con información confidencial ( )
El artículo estará en periodo de embargo por 5 años; luego, la Dirección General de Investigación, Desarrollo e Innovación (DGIDI) autoriza el acceso completo a través del repositorio institucional.

d) Tesis con información confidencial en ruta a patente ( )
El artículo estará en periodo de embargo por 5 años; luego la Dirección General de Investigación, Desarrollo e Innovación (DGIDI) autoriza el acceso completo a través del repositorio institucional. Es deber del tesista informar a la DGIDI (repositorio@cientifica.edu.pe) cuando se logre la patente.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

e) Otro, detallar:

4. Documentos adjuntos:

- Tesis en formato Word y PDF.
- Documentación presentada a la Facultad correspondiente para la obtención del título (en PDF): acta de sustentación, constancia de declaración de originalidad.

Los autores firmantes **autorizan la publicación de la tesis** en el repositorio institucional de la Universidad Científica del Sur y, a su vez, en el Registro Nacional de Trabajos de Investigación – Renati.

Lima, 15 de setiembre de 2026



Firma

Nombres y apellidos:

Keyla Mishell Calle Montalván

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis