



UNIVERSIDAD NACIONAL DE BARRANCA

Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

TESIS

**SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE
RESIDUOS CERÁMICOS CALCINADOS EN PROPIEDADES
FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO,**

BARRANCA, 2024

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. Albornoz Chavarria, Oscar Simón

Bach. Santiago Payco, Jahir Alejandro

BARRANCA – PERÚ

2024



Dr. Kevin Arturo Ascoy Flores

PRESIDENTE



Mg. Pablo Adrian Pezo Morales

MIEMBRO



Mg. Roman Aguirre Ortiz

MIEMBRO



Mg. Yanett Yolanda Landivar Escalante

ASESOR



Barranca, 03 de setiembre de 2025

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los integrantes del Jurado Evaluador

Presidente: Dr. KEVIN ARTURO ASCOY FLORES
Miembro : Mg. PABLO ADRIAN PEZO MORALES
Miembro : Mg. ROMAN AGUIRRE ORTIZ
Asesor : Mg. YANETT YOLANDA LANDIVAR ESCALANTE

Se reúnen para evaluar la sustentación de la tesis titulada:

“SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE RESIDUOS CERÁMICOS CALCINADOS EN PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO, BARRANCA, 2024”

Presentado por los graduados:

Albornoz Chavarria Oscar Simon

Santiago Payco Jahir Alejandro


Para optar el Título Profesional de INGENIERO CIVIL

Luego de haber evaluado la sustentación de la tesis, concluye en calificar a:

Albornoz Chavarria Oscar Simon Santiago Payco Jahir Alejandro			Nota: 15	
Sobresaliente ()	Muy bueno ()	Bueno (x)	Regular ()	Desaprobado ()

Los miembros del Jurado Evaluador firman en señal de conformidad


Presidente


Miembro


Miembro


Asesor




14% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el Informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 9%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 12%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de Integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

A nuestra familia: padres y hermanos, por ser nuestra mayor fuente de amor, apoyo y motivación. Gracias por acompañarnos en cada paso de nuestro camino, sus consejos y por impulsarnos siempre a dar lo mejor de nosotros.

Este logro es el reflejo de todo lo que me han enseñado y del esfuerzo que compartimos como familia.

AGRADECIMIENTO

A nuestros padres, familia y todas las personas que nos apoyaron y motivaron a seguir adelante con este proyecto.

A la Universidad Nacional de Barranca, por contar con personal capacitado y laboratorios equipados que nos permitieron continuar este proyecto y colaboraron en nuestra formación profesional.

A nuestra asesora Mg. Yanett Yolanda Landivar Escalante, por guiarnos comprometidamente en todo el proceso que conllevo el desarrollo de este trabajo y darnos su apoyo en este largo camino. Agradecemos infinitivamente su apoyo incondicional y conocimientos compartidos.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Albornoz Chavarria Oscar Simon, con DNI N.º 77502848, y Santiago Payco Jahir Alejandro, con DNI N.º 72729446, egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil y autores del trabajo de la tesis titulada: “SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE RESIDUOS CERÁMICOS CALCINADOS EN PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO, BARRANCA, 2024”, con el fin de optar por el grado académico de Ingeniero Civil, declaramos lo siguiente:

La presente investigación ha sido desarrollada íntegramente por los autores firmantes, siendo de nuestra total responsabilidad y autoría.

Durante su elaboración, se aplicaron de manera adecuada las normas de citación y referencia del formato APA para reconocer las fuentes empleadas. Del mismo modo, no se utilizó información ajena a la bibliografía registrada en el documento.

Declaramos que este trabajo no ha sido presentado previamente, ni en parte ni en su totalidad, como requisito para la obtención de algún grado académico; siendo esta la primera investigación presentada a la Universidad Nacional de Barranca con dicho título. Reconocemos además que el documento será evaluado mediante el sistema antiplagio TURNITIN de la universidad.

En caso de identificarse contenido intelectual que no haya sido correctamente atribuido a su autor o fuente original, aceptamos que se proceda de acuerdo con las disposiciones establecidas por el comité de ética correspondiente.



Santiago Payco Jahir Alejandro

DNI: 72729446



Albornoz Chavarria Oscar Simon

DNI: 77502848

ÍNDICE

I. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
1.1. <i>Título del proyecto.....</i>	<i>1</i>
1.2. <i>Autores.....</i>	<i>1</i>
1.3. <i>Asesor</i>	<i>1</i>
1.4. <i>Tipo de investigación.....</i>	<i>1</i>
1.5. <i>Programa y línea de investigación vigente</i>	<i>1</i>
1.6. <i>Duración del proyecto.....</i>	<i>1</i>
1.7. <i>Localización del proyecto.....</i>	<i>1</i>
II. RESUMEN.....	2
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
3.1. <i>Situación del problema.....</i>	<i>4</i>
3.2. <i>Formulación del problema</i>	<i>6</i>
3.2.1. <i>Problema general</i>	<i>6</i>
3.2.2. <i>Problemas específicos</i>	<i>6</i>
IV. JUSTIFICACIÓN	7
4.1. <i>Justificación teórica</i>	<i>7</i>
4.2. <i>Justificación tecnología.....</i>	<i>7</i>
4.3. <i>Justificación ambiental.....</i>	<i>7</i>
4.4. <i>Justificación social.....</i>	<i>8</i>
4.5. <i>Justificación económica</i>	<i>8</i>
4.6. <i>Justificación científica.....</i>	<i>8</i>
V. ANTECEDENTES Y/O ESTADO DEL ARTE.....	9
5.1. <i>Antecedentes Nacionales e Internacionales</i>	<i>9</i>
5.2. <i>Bases teóricas.....</i>	<i>13</i>

5.3 <i>Definiciones conceptuales</i>	19
VI. HIPOTESIS Y VARIABLES DE ESTUDIO	20
6.1. <i>Hipótesis</i>	20
6.1.1. Hipótesis general	20
6.1.2. Hipótesis específicas	20
6.2. <i>Variables de estudio</i>	20
6.2.1. Variable independiente	20
6.2.2. Variables dependientes	20
6.3. Operacionalización de las variables	21
VII. OBJETIVOS	22
7.1. <i>Objetivo General</i>	22
7.2. <i>Objetivos Específicos</i>	22
VIII. METODOLOGÍA	23
8.1. <i>Tipo de Investigación</i>	23
8.2. <i>Nivel de Investigación</i>	23
8.3. <i>Diseño de Investigación</i>	23
8.4. <i>Enfoque de Investigación</i>	24
8.5. <i>Población y muestra</i>	24
8.6. <i>Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos</i>	26
8.6.1. Técnicas de recolección de datos	26
8.6.2. Instrumentos de recolección de datos	26
8.7. <i>Procesamiento de la recolección de datos</i>	26
8.8. <i>Análisis de la información</i>	33
IX. CONSIDERACIONES ÉTICAS	34
X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
10.1. <i>Resultados</i>	35

10.1.1. Determinar de qué manera la sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados varía la consistencia del concreto.....	35
10.1.1.1. Resultados de los ensayos de consistencia	35
10.1.1.2. Análisis estadístico descriptivo de los resultados de consistencia	37
10.1.1.3. Análisis estadístico avanzado de los resultados de consistencia	37
10.1.2. Determinar cómo la sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados varía la absorción del concreto	40
10.1.2.1. Resultados de los ensayos de absorción	40
10.1.2.2. Análisis estadístico descriptivo de los resultados de absorción	42
10.1.2.3. Análisis estadístico avanzado de los resultados de absorción	43
10.1.3. Identificar la manera que la sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados cambia la densidad del concreto	46
10.1.3.1. Resultados de los ensayos de densidad	46
10.1.3.2. Análisis estadístico descriptivo de los resultados de densidad.....	48
10.1.3.3. Análisis estadístico avanzado de los resultados de densidad	48
10.1.4. Determinar de qué manera la sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados impacta en la porosidad del concreto	51
10.1.4.1. Resultados de los ensayos de porosidad	51
10.1.4.2. Análisis estadístico descriptivo de los resultados de porosidad	53
10.1.4.3. Análisis estadístico avanzado de los resultados de porosidad.....	54
10.1.5. Determinar cómo la sustitución del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados altera la resistencia a la compresión del concreto.....	57
10.1.5.1. Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión a los 7 días.....	57
10.1.5.2. Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión a los 14 días...	59
10.1.5.3. Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión a los 28 días...	61
10.1.5.4. Análisis estadístico descriptivo de los resultados de resistencia a la compresión	63
10.1.5.5. Análisis estadístico avanzado de los resultados de resistencia a la compresión	64
10.1.6. Análisis comparativo de costo y material entre el empleo del concreto patrón y el concreto con polvo de residuos cerámicos calcinados	68
10.1.6.1. Cantidad de material entre el concreto patrón y concreto con sustitución según diseño de mezcla	68

10.1.6.2. Comparación de costos para el concreto patrón y concreto con sustitución parcial del cemento.....	70
<i>10.2. Discusión.....</i>	<i>76</i>
XI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	80
<i>11.1 Conclusiones.....</i>	<i>80</i>
11.1.1. Conclusión general.....	80
11.1.2. Conclusiones específicas.....	80
<i>11.2. Recomendaciones.....</i>	<i>82</i>
XII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
XIII. ANEXOS.....	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables	21
Tabla 2. Cantidad de ensayos de densidad	24
Tabla 3. Cantidad de ensayos de trabajabilidad.....	25
Tabla 4. Cantidad de ensayos de porosidad.....	25
Tabla 5. Cantidad de ensayos de absorción	25
Tabla 6. Cantidad de ensayos de resistencia a la compresión con cilindros de 10 x 20 cm	26
Tabla 7. Consistencia del concreto patrón y concreto con sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados.....	35
Tabla 8. Análisis estadístico descriptivo de la propiedad de consistencia	37
Tabla 9. Prueba de normalidad para la propiedad de consistencia	38
Tabla 10. Prueba de homocedasticidad para la propiedad de consistencia	38
Tabla 11. Análisis de varianza - ANOVA para la propiedad de consistencia.....	39
Tabla 12. Post Hoc - Tukey para la propiedad de consistencia.....	40
Tabla 13. Porcentaje de absorción del agua del concreto patrón y concreto con sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados	41
Tabla 14. Análisis estadístico descriptivo de la propiedad de absorción	42
Tabla 15. Prueba de normalidad para la propiedad de absorción	43
Tabla 16. Prueba de homocedasticidad para la propiedad de absorción	44
Tabla 17. Análisis de varianza - ANOVA para la propiedad de absorción.....	45
Tabla 18. Post Hoc - Tukey para la propiedad de absorción	45
Tabla 19. Densidad del concreto patrón y concreto con sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados.....	46
Tabla 20. Análisis estadístico descriptivo de la propiedad de densidad.....	48
Tabla 21. Prueba de normalidad para la propiedad de densidad	49
Tabla 22. Prueba de homocedasticidad para la propiedad de densidad.....	49
Tabla 23. Análisis de varianza - ANOVA para la propiedad de densidad	50
Tabla 24. Post Hoc - Tukey para la propiedad de densidad	51
Tabla 25. Porosidad del concreto patrón y concreto con sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados.....	52
Tabla 26. Análisis estadístico descriptivo de la propiedad de porosidad	53
Tabla 27. Prueba de normalidad para la propiedad de porosidad.....	54

Tabla 28. Prueba de homocedasticidad para la propiedad de porosidad	55
Tabla 29. Análisis de varianza - ANOVA para la propiedad de porosidad.....	55
Tabla 30. Post Hoc - Tukey para la propiedad de porosidad.....	56
Tabla 31. Resistencia a la compresión del concreto patrón y concreto con sustitución a los 7 días.....	57
Tabla 32. Resistencia a la compresión del concreto patrón y concreto con sustitución a los 14 días.....	59
Tabla 33. Resistencia a la compresión del concreto patrón y concreto con sustitución a los 28 días.....	61
Tabla 34. Análisis estadístico descriptivo de la propiedad de resistencia a la compresión a los 7 días	63
Tabla 35. Análisis estadístico descriptivo de la propiedad de resistencia a la compresión a los 14 días	63
Tabla 36. Análisis estadístico descriptivo de la propiedad de resistencia a la compresión a los 28 días	64
Tabla 37. Prueba de normalidad para la propiedad de resistencia a la compresión a los 28 días.....	65
Tabla 38. Prueba de homocedasticidad para la resistencia a la compresión a los 28 días..	65
Tabla 39. Análisis de varianza - ANOVA para la propiedad de resistencia a la compresión	66
Tabla 40. Post Hoc - Tukey para la propiedad de resistencia a la compresión	67
Tabla 41. Resumen de las Propiedades físicas de los agregados.....	68
Tabla 42. Cantidad de material por m ³ de concreto	69
Tabla 43. Cantidad de material por m ³ de concreto con sustitución parcial del cemento .	69
Tabla 44. Cantidad de material para el concreto con y sin reemplazo de cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados	69
Tabla 45. Análisis de precio unitario para concreto patrón en columnas estructurales de 210 kg/cm ²	70
Tabla 46. Análisis de precio unitario para concreto con 14% de sustitución parcial por RCC en columnas estructurales de 210 kg/cm ²	71
Tabla 47. Precio del concreto patrón y concreto con sustitución al 14% RCC en columnas estructurales de f ['] c=210 kg/cm ²	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de adquisición de los residuos cerámicos.....	14
Figura 2. Residuos cerámicos como reemplazo del cemento.....	15
Figura 3. Rutas de localización: Tramo Vivienda 1 - Cantera Río Seco - Laboratorio UNAB.....	27
Figura 4. Rutas de localización: Tramo Urbanización Las Palmeras V Etapa - Urbanización San Gerardo - Vivienda 1- Laboratorio UNAB.....	28
Figura 5. Comparación de la consistencia del concreto patrón y concreto con sustitución	36
Figura 6. Comparación de la consistencia promedio del concreto patrón y concreto con sustitución.....	36
Figura 7. Comparación de la absorción del concreto patrón y concreto con sustitución ...	41
Figura 8. Comparación de la absorción promedio del concreto patrón y concreto con sustitución.....	42
Figura 9. Comparación de la densidad del concreto patrón y concreto con sustitución	47
Figura 10. Comparación de la densidad promedio del concreto patrón y concreto con sustitución.....	47
Figura 11. Comparación de la porosidad del concreto patrón y concreto con sustitución.	52
Figura 12. Comparación de la porosidad promedio del concreto patrón y concreto con sustitución.....	53
Figura 13. Comparación de la resistencia a la compresión del concreto patrón y concreto con sustitución a los 7 días	57
Figura 14. Comparación de la resistencia a la compresión promedio del concreto patrón y concreto con sustitución a los 7 días	58
Figura 15. Comparación de la resistencia a la compresión del concreto patrón y concreto con sustitución a los 14 días	59
Figura 16. Comparación de la resistencia a la compresión promedio del concreto patrón y concreto con sustitución a los 14 días	60
Figura 17. Comparación de la resistencia a la compresión del concreto patrón y concreto con sustitución a los 28 días	61
Figura 18. Comparación de la resistencia a la compresión promedio del concreto patrón y concreto con sustitución a los 28 días	62
Figura 19. Comparación del precio unitario del concreto patrón y concreto con sustitución al 14% RCC.....	72

Figura 20. Columnas estructurales de $f^c=210$ kg/cm ² en una edificación estándar	73
Figura 21. Comparación del precio del concreto patrón y concreto con sustitución al 14% RCC en columnas estructurales de $f^c=210$ kg/cm ²	74

I. INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Título del proyecto

Sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados en propiedades físico-mecánicas del concreto, Barranca, 2024

1.2. Autores

Bach. Albornoz Chavarria, Oscar Simón

Bach. Santiago Payco, Jahir Alejandro

1.3. Asesor

Mg. Landivar Escalante, Yanett Yolanda

1.4. Tipo de investigación

Aplicada

1.5. Programa y línea de investigación vigente

Área : Ingeniería en construcción sostenible.

Línea : Tecnología e innovación de materiales de construcción.

1.6. Duración del proyecto

Duración de 6 meses

1.7. Localización del proyecto

Distrito : Barranca

Provincia : Barranca

Departamento : Lima

II. RESUMEN

Actualmente, se conoce que el sector construcción dispone de diversas estructuras que conllevan el uso excesivo de concreto, generando una creciente demanda en la producción de cemento que resultan en una considerable emisión de CO₂, contribuyendo así a cambios climáticos y afectando negativamente la biodiversidad local. En respuesta a estos desafíos ambientales, se ha optado por reemplazar parcialmente el cemento mediante la inclusión de polvo de residuos cerámicos calcinados en distintas proporciones.

El propósito principal de este estudio es determinar de qué manera la sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados modifica las propiedades físico-mecánicas del concreto 210 kg/cm². La metodología adoptada fue de naturaleza aplicada, empleando un enfoque cuantitativo, de diseño cuasi experimental y perteneciendo al nivel explicativo. La muestra utilizada consistió en 84 especímenes de concreto, distribuidos en 21 especímenes para el concreto estándar y 63 especímenes que contenían polvo de residuos cerámicos en proporciones del 12%, 14% y 16%. Se emplearon métodos de investigación basados en la observación, junto con fichas de observación como herramienta donde se registraron los resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos sobre la resistencia a la compresión mostraron un impacto significativo, siendo los porcentajes entre 12% y 14% de sustitución donde la resistencia alcanzó y mejoró ligeramente al concreto patrón. Por otro lado, en la evaluación de asentamiento se observó un incremento en la fluidez del concreto hasta en un 24.7% para un 16% de reemplazo; sin embargo, las propiedades de densidad, absorción y porosidad presentaron diferencias mínimas. En general, se concluyó que el reemplazo del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados demostró modificar de manera favorable algunas propiedades físicas y mecánicas del concreto.

Palabras clave: Sustitución, cemento, residuos cerámicos

ABSTRACT

Currently, it is known that the construction sector has various structures that involve excessive use of concrete, generating a growing demand in cement production that leads to significant CO₂ emissions, thus contributing to climate changes and negatively affecting local biodiversity. In response to these environmental challenges, it has been decided to partially replace cement by including ceramic waste powder in different proportions.

The main purpose of this study is to determine how the partial replacement of cement with calcined ceramic waste powder modifies the physical and mechanical properties of concrete (210 kg/cm²). The methodology adopted was of an applied nature, using a quantitative approach, quasi-experimental design and belonging to the explanatory level. The sample used consisted of 84 concrete specimens, distributed in 21 specimens for standard concrete and 63 specimens containing ceramic waste powder in proportions of 12%, 14% and 16%. Research methods based on observation were used, along with observation sheets as a tool to record the results obtained.

The results obtained for compressive strength indicated that there is a significant impact, being the percentages between 12% and 14% replacement where the strength reached and slightly improved the standard concrete. On the other hand, in the evaluation of slump, an increase in concrete flowability of up to 24.7% was observed for 16% replacement; however, the properties of density, absorption and porosity showed minimal differences. In general, it was concluded that the replacement of cement with calcined ceramic waste powder was shown to favorably modify some physico-mechanical properties of the concrete.

Keywords: Replacement, cement, ceramic waste

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Situación del problema

A lo largo de la historia, el cemento ha tenido una función fundamental en la construcción y es uno de los materiales más versátiles y ampliamente utilizados, después del agua. Actualmente, se estima que se emplean aproximadamente 12 millones de toneladas de concreto al año, y esta demanda sigue en constante aumento, se están realizando esfuerzos para incrementar la producción de cemento y recursos naturales (Jalil et al. 2018).

La producción de concreto ha recibido críticas en tiempos recientes debido a su consumo intensivo de recursos naturales y la continua regeneración de problemas vinculados con las liberaciones de dióxido de carbono (CO₂), alrededor del 7% de la totalidad de las emisiones de CO₂ se remontan al sector del cemento, lo que plantea una grave preocupación tanto para la sociedad como para el entorno natural (Isberto et al. 2018); El polvo de residuos cerámicos (CWP) se produce durante la fabricación de baldosas cerámicas, especialmente en la etapa final de pulido, con una tasa de 19-20 kg/m². Como consecuencia, se generan cantidades mayores a 22 mil millones de toneladas de CWP en todo el mundo (Jianyu et al. 2023); El incremento reciente de la tasa poblacional ha aumentado la demanda de productos de concreto para construir más edificios e infraestructura. El auge de proyectos de infraestructura a gran escala, como puentes más extensos, túneles más profundos y carreteras más extensas, ha exacerbado aún más la demanda de concreto. Esto ha llevado a una amplia demanda de materias primas naturales como agregados, clinker y agua por parte de la industria de producción de cemento. Estas mega infraestructuras, mientras redefinen los límites de la ingeniería, también imponen una carga considerable en términos de consumo de materiales (Amakye, 2021).

El aumento en la demanda mundial de cemento conlleva a un continuo incremento en las emisiones de CO₂, lo que contribuye al fenómeno de efecto invernadero de origen humano. Como resultado tenemos cambios notables en los fenómenos climáticos extremos, como las elevadas temperaturas, la escasez de lluvias y las inundaciones, aumentan en frecuencia e intensidad dando paso a la desertificación de áreas previamente fértiles, amenazando la disponibilidad de agua y recursos esenciales para la vida (Kajaste y Hurme, 2016); El polvo de residuos cerámicos (CWP) generalmente son desechados por las industrias cerámicas en terrenos o fosos no autorizados en lugar de en áreas designadas para

tal fin. Esta práctica de eliminación causa una grave contaminación ambiental debido al polvo y la degradación del suelo, especialmente cuando el polvo se seca. Esto resulta en impactos ambientales negativos, afectando el suelo, el agua y el aire (Jianyu et al. 2023).

La provincia de Barranca no es ajena a esta problemática, ya que cuenta con diversos puntos dentro de la localidad que terminan convirtiéndose en vertederos informales, tales como la zona de la playa El Colorado - La Bandurria llegando hasta la Atarraya, el tramo de la Antigua Panamericana Norte, alrededor del mercado Nuevo Amanecer y entre otros. La falta de estrategias adecuadas para el manejo y reutilización de estos materiales resalta la necesidad de buscar alternativas sostenibles que reduzcan su impacto negativo en el medio ambiente.

Ante esta situación global, diversas investigaciones han explorado alternativas sostenibles enfocadas en gestionar residuos, incluyendo su reutilización en materiales de construcción. Según varios estudios (Figueiredo, 2020; Ali Hussain & Aljalawi 2022; Muleya et al. 2021; Jalil et al. 2019; Susanti et al. 2018; Lee et al. 2021), la sustitución parcial del cemento por otros materiales tales como polvo de vidrio, cáscara de arroz, escorias industriales siderúrgicas, cenizas volcánicas y polvo de residuos cerámicos en la producción de concreto es una estrategia que busca abordar la negatividad en los impactos de la industria del cemento, así como las liberaciones de gases de efecto invernadero y los elevados costos energéticos. Sin embargo, es importante tener en cuenta que esta sustitución puede tener implicaciones en el $f'c$ del concreto resultante. Por lo tanto, se requiere un equilibrio cuidadoso entre la sostenibilidad ambiental y las características mecánicas en la producción del material para asegurar que las estructuras sean seguras y perdurables.

3.2. Formulación del problema

3.2.1. Problema general

¿De qué manera la sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados modifica las propiedades físico-mecánicas del concreto 210 kg/cm², Barranca , 2024?

3.2.2. Problemas específicos

¿De qué manera la sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados varía la consistencia del concreto 210 Kg/cm², Barranca 2024?

¿Como la sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados varía la absorción del concreto 210 Kg/cm², Barranca 2024?

¿De qué manera la sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados cambia la densidad del concreto 210 Kg/cm², Barranca 2024?

¿De qué manera la sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados impacta en la porosidad del concreto 210 Kg/cm², Barranca 2024?

¿Cómo la sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados altera la resistencia a la compresión del concreto 210 kg/cm², Barranca, 2024?

IV. JUSTIFICACIÓN

4.1. Justificación teórica

La presente investigación ofrece información y comprensión obtenida a partir de la elaboración de una combinación de mezcla para fabricar concreto con $f'c$ de 210 kg/cm², donde se reemplazó el cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados en diversas dosificaciones. Estas mezclas fueron evaluadas bajo pruebas de compresión, lo que servirá para expandir el conocimiento base en investigaciones posteriores, la información obtenida permitirá optimizar y mejorar las propiedades de las mezclas, así como desarrollar nuevas aplicaciones y tecnologías en el campo de los materiales de construcción.

4.2. Justificación tecnología

Las pruebas de compresión realizadas en los diseños de mezcla permiten obtener datos importantes sobre su desempeño, ayudando a optimizar las propiedades mecánicas y ambientales de los materiales. Se usaron instrumentos de recolección de datos para documentar y analizar de manera detallada los resultados que se obtienen durante el procedimiento y las propiedades resultantes del concreto obtenido. Este proceso tiene el propósito de encontrar el diseño de mezcla adecuado para producir materiales más sostenibles y de mayor calidad para la construcción.

4.3. Justificación ambiental

La producción de cemento contribuye significativamente al cambio climático, representando el 7-8% de las emisiones globales de CO₂. En los últimos años, este problema se agrava debido al rápido crecimiento en la industria de la construcción. En la provincia de Barranca se evidencia la presencia de vertederos informales de residuos de construcción y demolición en diversas zonas. Destacan áreas como la playa El Colorado - La Bandurria hasta la Atrarraya y el tramo de la Antigua Panamericana Norte, donde se disponen de manera inadecuada residuos de construcción. Asimismo, dentro del Mercado Nuevo Amanecer también se evidencia la presencia de residuos no biodegradables lo que significa que ocupan espacio en dichos puntos de manera indefinida. La sustitución parcial del cemento con polvo de residuos cerámicos calcinados permite reducir estas emisiones y aprovechar estos desechos. Esta práctica disminuye la demanda de bienes y recursos provenientes de la naturaleza, mejora la gestión de residuos y contribuye a la sostenibilidad en la construcción.

4.4. Justificación social

Las comunidades, tanto urbanas como rurales, se beneficiarán de una reducción en la saturación de vertederos produciendo que un entorno limpio y saludable tenga un impacto positivo en cuanto a salud y calidad de vida en general. De igual forma la industria de la construcción puede beneficiarse al reducir costos de materiales mediante la utilización de residuos cerámicos, mejorando la sostenibilidad de sus prácticas y potenciando su imagen social y ambientalmente responsable.

4.5. Justificación económica

En la provincia de Barranca la creciente demanda de terrenos y la expansión urbana, impulsada por empresas inmobiliarias, ha incrementado la ejecución de nuevas obras de construcción, elevando así la necesidad de materiales como el concreto, que a menudo fluctúan debido a la variabilidad en los costos de producción de cemento y a la demanda en el mercado. El uso de la reutilización de los residuos cerámicos puede contribuir a estabilizar los costos de material empleado en la construcción. Además, la integración de centros de acopio dentro de la provincia de Barranca puede impulsar el desarrollo económico local para procesos de reciclaje de residuos cerámicos para su aplicación en la producción de concreto, permitiendo generar puestos de trabajo en el sector de construcción civil e industrias relacionadas.

4.6. Justificación científica

El polvo de desecho cerámico cuenta con características físicas y químicas que lo hacen apto para su incorporación en la producción de concreto. Los residuos cerámicos contienen sílice y alúmina en forma reactiva, lo que les confiere propiedades puzolánicas. Esto significa que, al mezclarse con cemento y agua, pueden generar compuestos cementantes de manera adicional que preservan la densidad y la resistencia del concreto.

V. ANTECEDENTES Y/O ESTADO DEL ARTE

5.1. Antecedentes Nacionales e Internacionales

Li et al. (2024) realizó en su artículo *“A study of some relevant properties of concrete incorporating waste ceramic powder as a cement replacement agent”* un minucioso análisis en laboratorio para explorar la viabilidad de emplear residuos cerámicos en lugar del cemento en diversas proporciones. El objetivo era posteriormente examinar cómo estas variaciones al 0%, 10% y 20% afectan la resistencia a la compresión, la capacidad de absorción de agua y el asentamiento del concreto. Los resultados recopilados fueron de 5.9%, 6.1% y 6.4% de absorción del agua así como una disminución del asentamiento de 105 mm a 70 y 50 mm respectivamente; por otro lado, la $F'c$ a los 28 días resultaron en 40.5 MPa, 43.5 MPa y 39.0 MPa. Finalmente, los autores concluyen como un porcentaje viable de reemplazo hasta en un 20% del cemento al observar modificaciones en la resistencia a la compresión y absorción dentro del rango tolerable.

Los estudios realizados por Nasr et al. (2023), en su publicación titulada *“Influence of mechanical activation on the behavior of green high-strength mortar including ceramic waste”*, evaluaron las características del concreto en su fase inicial como la fuerza, la capacidad de absorción de agua, la densidad, el porcentaje de poros, entre otras; junto con las propiedades microestructurales al reemplazar una parte del cemento en 0%, 10%, 20% y 30% por cerámica triturada. Los resultados expuestos en propiedades físicas indican una densidad de 2194.8 kg/m³, 2177.4 kg/m³, 2193.2 kg/m³ y 2137.0 kg/m³ respectivamente; adicionalmente, se registraron valores de absorción del agua en 5.33%, 5.43%, 5.24% y 5.93% así como 21.73%, 12.85%, 12.01% y 13.70% en porosidad. La conclusión de los autores indicó que la activación producida en las muestras que contenían el 30% de reemplazo del cemento influyó significativamente en las propiedades de durabilidad, puntualmente en el porcentaje de huecos y absorción.

El estudio de Elemam et al. (2023), titulado *“Reusing Ceramic Waste as a Fine Aggregate and Supplemental Cementitious Material in the Manufacture of Sustainable Concrete”*, exploró las posibles utilidades de los residuos cerámicos en la industria del concreto, tanto como parte fina del material como material cementante sustitutorio; con el propósito de comprender su influencia en la facilidad de manipulación, el rendimiento mecánico y la durabilidad a largo plazo. En dicha investigación, los resultados expuestos por

los autores con sustituciones al 0%, 10%, 20% y 30% proporcionados para la consistencia fueron de 210, 180, 160 y 130 mm; así mismo, los ensayos de $F'c$ resultaron en 27.1 MPa, 24.4 MPa, 22.9 MPa y 19.3 MPa a los 7 días mientras que a los 28 días ascienden a 39.5 MPa, 43.7 MPa, 37.2 MPa y 34.5 MPa, respectivamente. Como conclusión se llegó a que el rendimiento mecánico de las muestras, optimizado de manera sistemática mediante la inclusión de residuos cerámicos en el peso del cemento, reduce el valor de consistencia pero aumenta en el ensayo de compresión hasta un 50% al emplear una sustitución al 10%.

En las investigaciones realizadas por Al-Fakih et al. (2023), en su artículo *“Review of the Properties of Sustainable Cementitious Systems Incorporating Ceramic Waste”* se evaluó la capacidad del polvo de residuos cerámicos (CWP) como una alternativa para sustituir parcialmente el cemento y se estudiaron sus impactos en las propiedades físico-mecánicas en dichos sistemas cementosos. Los resultados de los autores en cuanto al valor de los asentamientos registrados fueron de 29, 28, 28, 27 y 26 mm para porcentajes parciales de 0%, 5%, 10%, 15% y 20% respectivamente; paralelamente, las muestras ensayadas a compresión dieron mejoras en la resistencia a los 7 días (13.5 MPa, 15.12 MPa, 15.37 MPa, 16.71 MPa y 14.76 MPa), a los 14 días (19.9 MPa, 20.21 MPa, 20.77 MPa, 22.83 MPa y 21.24 MPa) y a los 28 días (29.1 MPa, 29.9 MPa, 31.15 MPa, 32.27 MPa y 30.38 MPa). De este modo, se concluye el potencial del polvo cerámico en calidad de suplemento puzolánico activo para el cemento.

En el artículo realizado por Abou et al. (2023), con título *“Structural behavior of beams cast using normal and high strength concrete containing blends of ceramic waste powder and blast furnace slag”*, se examinó qué tanto influye la sustitución de manera parcial en el cemento por polvo generado de la trituración y calcinación de residuos cerámicos para promover reacciones puzolánicas. Se investigaron los efectos resultantes en la resistencia y las características de los componentes del concreto, cuyo estudio obtuvo que con 0%, 10% y 40% de reemplazo se observaron cifras de 185, 200 y 175 mm en la consistencia así como 2.360 g/cm³, 2.365 g/cm³ y 2.355 g/cm³ de densidad en el concreto. En cambio, la información de la resistencia a la compresión registrada con las mismas proporciones fue de 23.8 MPa, 22.7 MPa y 22.2 MPa para 7 días mientras que para 28 días se obtuvo valores de 34.4 MPa, 32.2 MPa y 33.9 MPa; concluyendo que emplear 10% de cerámica calcinada restauran eficientemente las propiedades de la mezcla siempre y cuando se adicione 35% de escoria de alto horno.

Taher et al. (2023) describe en su estudio *“Using ceramic waste tile powder as a sustainable and eco-friendly partial cement replacement in concrete production”* el potencial de residuos de cerámica calcinada como un material suplementario al cemento para reemplazarlo al 0% 10% y 20% en productos de hormigón con el objetivo de analizar sus propiedades mecánicas, con un enfoque en la creación de un cemento sostenible y amigable con el entorno ecológico. En consecuencia, se expone la información resultante de las muestras de concreto evaluadas con ensayos de compresión de 29.5 MPa, 25.2 MPa y 23.5 MPa a los 7 días; igualmente a los 28 días para la F’c resultaron en 38.6 MPa, 36.3 MPa y 34 MPa con los porcentajes de sustitución respectivos. En resumen, la conclusión del autor indica que un 20% de suplemento parcial en el cemento resulta menos efectiva que un reemplazo del 10% de cerámica residual reciclada.

En un ensayo experimental del artículo titulado *“Producing low-cost self-consolidation concrete using sustainable material”*, Abbas et al. (2022) convirtió cinco diferentes tipos de materiales residuales mediante métodos similares a la fabricación del cemento en partículas de tamaño muy pequeño para después ser empleados como sustitutos del peso del cemento. En sus conclusiones, el autor expuso a los residuos cerámicos como el material con mejor desempeño con porcentajes de 0%, 5%, 10% y 15% obteniendo densidades de 2.355 g/cm³, 2.365 g/cm³, 2.435 g/cm³ y 2.455 g/cm³ respectivamente; por otra parte, la resistencia a la compresión obtuvo valores de 33.9 MPa, 34.0 MPa, 35.1 MPa y 33.2 MPa a los 7 días así como 4.4 MPa, 41.5 MPa, 42.8 MPa y 40.5 MPa a los 28 días.

En el estudio de El Nadoury (2022), descrito en su artículo *“Eco-friendly concrete using by-products as partial replacement of cement”*, se enfocó en explorar las consecuencias de sustituir fracciones del cemento por polvo de residuos cerámicos (CWP), en el que se analizan las características del hormigón en términos de su capacidad para ser trabajado. Las cantidades empleadas fueron de 0%, 5%, 15%, 20%, 25% y 30%; cuyos resultados en su trabajabilidad fueron de 95, 94, 92, 89, 85 y 82 mm de asentamiento, respectivamente. La conclusión de los autores afirmó que, a pesar de que no se observó ningún cambio importante en cuanto a consistencia, el incremento de reemplazo al 20% resultó en una mejora en las muestras ensayadas a compresión con un registro máximo al 11%.

Según lo estudiado por Lee et al. (2021) en su publicación titulada *“Effect of Ceramic Dust as Partial Replacement of Cement on Lightweight Foamed Concrete”*, se realiza un

análisis que examina cómo varían las propiedades y el $f'c$ del concreto cuando se emplean diversos niveles de reemplazo (0%, 5%, 15% y 25%) de polvo de residuos en la industria de fabricación (trituración y calcinación) de cerámicos en lugar del cemento. Se obtuvieron datos en la propiedad $F'c$ a 7 y 28 días; con información registrada de 17.1 MPa, 17.8 MPa, 16.5 MPa y 15.2 MPa así como 19.9 MPa, 18.7 MPa, 24.8 MPa y 24.1 MPa, respectivamente. En base a ello, la conclusión a la que llegaron los autores fue de que el material no tuvo un impacto considerable en las propiedades en estado fresco, sin embargo, al reemplazar un 15% con una relación a/c de 0.56, se alcanzó una resistencia óptima comparado con todas las demás muestras.

De acuerdo a lo estudiado por Song et al. (2021) en su artículo *“Analyzing the compressive strength of ceramic waste-based concrete using experiment and artificial neural network (Ann) approach”*, se realizaron ensayos teniendo como fin analizar el concreto tanto en su etapa endurecida como fresca junto con sus propiedades en la mezcla de control, así como en aquellas donde se reemplazó parcialmente el cemento al 0%, 10% y 20% por residuos cerámicos en relación a la masa de cemento. Se obtuvieron resultados en cuanto a densidad de 2228 kg/m³, 2178 kg/m³ y 2103 kg/m³, y registros de consistencia de 125, 200 y 210 mm con respecto a los porcentajes descritos; además que la conclusión de los autores demostró un efecto positivo de las probetas examinadas cuyos ensayos a compresión resultaron en 26.23 MPa, 19.07 MPa y 16.2 MPa a los 7 días, mientras que a los 28 días se registró 32.48 MPa, 28.61 MPa y 21.63 MPa.

En cuanto a lo estudiado por Araujo et al. (2019) en su investigación de título *“Evaluation of the pozzolanic activity of red ceramic waste using mechanical and physicochemical methods”*, se analiza la actividad puzolánica de desechos cerámicos rojos con tratamientos térmicos mediante técnicas físico químicas y mecánicas, al realizar un reemplazo parcial del cemento Portland al 0% y 25% de su peso. Se examina cómo esto afecta las propiedades del material, teniendo como resultados al realizar las roturas de testigos a compresión a 7 días de 15.93 MPa y 13.15 MPa, respectivamente; a su vez que se obtienen 20.09 MPa y 22.30 MPa a los 28 días. Finalmente, los autores concluyen que la mezcla que sustituye el 25% del cemento por el insumo estudiado mostró una resistencia al 11% superior de la mezcla de referencia que no contiene residuos.

Vieira y Chicaiza (2018) realizaron una investigación titulada *“Uso De Residuos Cerámicos Como Sustituto Del Cemento Para Fabricación De Morteros”* que tuvo como

objetivo examinar de qué manera el reemplazo del cemento por polvo cerámico en proporción parcial de 3%, 5%, 7%, 10% y 15 % afecta la caracterización mecánica y física de la mezcla de concreto. Entre sus principales resultados, se destaca la F_c obtenida para 28 días de 20.797 MPa, 22.920 MPa, 24.369 MPa, 25.512 MPa y 27.015 MPa; por lo que ambos autores concluyeron que el implemento al 10% de de cerámica triturada alcanzó una resistencia comparable a la muestra estándar.

Según la investigación de Kulovaná et al. (2016) en el artículo “*Strength development and physical properties of cement paste with incorporated ceramic powder*”, se examinaron las características (tanto mecánicas como físicas) del hormigón considerando el impacto debido a la cantidad de residuos cerámicos utilizados para sustituir parcialmente el aglomerante de cemento. Los autores mencionados llegaron a los siguientes resultados: Empleando 8%, 16 %, 24%, 32% y 40%, la densidad de la muestra fue de 2165 kg/m³, 2191 kg/m³, 2204 kg/m³, 2170 kg/m³ y 2179 kg/m³ así como un incremento del porcentaje de vacíos a intervalos de 27.5%, 27.9%, 28.6%, 29.1% y 30.9% respectivamente; en cambio, la resistencia a la compresión resultaron en 33.5 MPa, 29.8 MPa, 29.3 MPa, 24.5 MPa y 23.0 MPa a los 7 días, además de 44.3 MPa, 39.9 MPa, 36.7 MPa, 36.3 MPa y 28.9 MPa a 28 días. Ante estos resultados, la conclusión que llegan los autores destacan las propiedades mecánicas más alentadoras que ofrece el uso de cerámica reciclada en niveles parciales de reemplazo del 8 y 16% para la pasta de cemento.

5.2. Bases teóricas

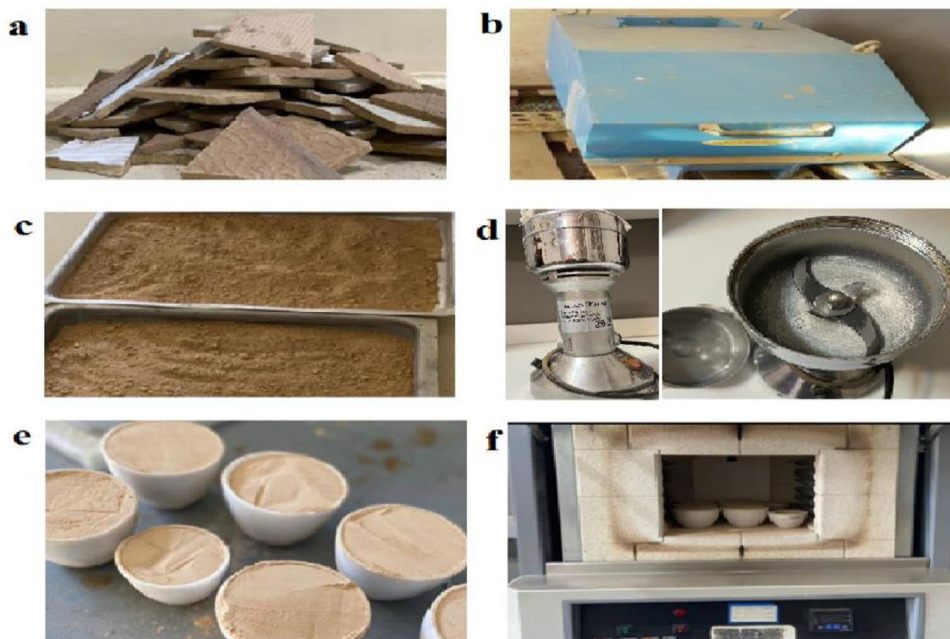
Para la variable independiente **Sustitución del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados**, se consideran los siguientes conceptos:

De acuerdo a Ghonaim y Morsy (2023), los residuos cerámicos se definen como puzolanas, es decir, sustancias naturales o sintéticas que contiene componentes silíceos y aluminosos que al combinarse con hidróxido de calcio, generan compuestos con propiedades cementantes.

Según Jianyu et al. (2023), el polvo de residuos cerámicos (CWP) es un subproducto que se produce en la industria de la cerámica durante las fases de corte y pulido, que representan un riesgo para el medio ambiente ya que su eliminación requiere una extensa área de disposición.

Figura 1.

Proceso de adquisición de los residuos cerámicos



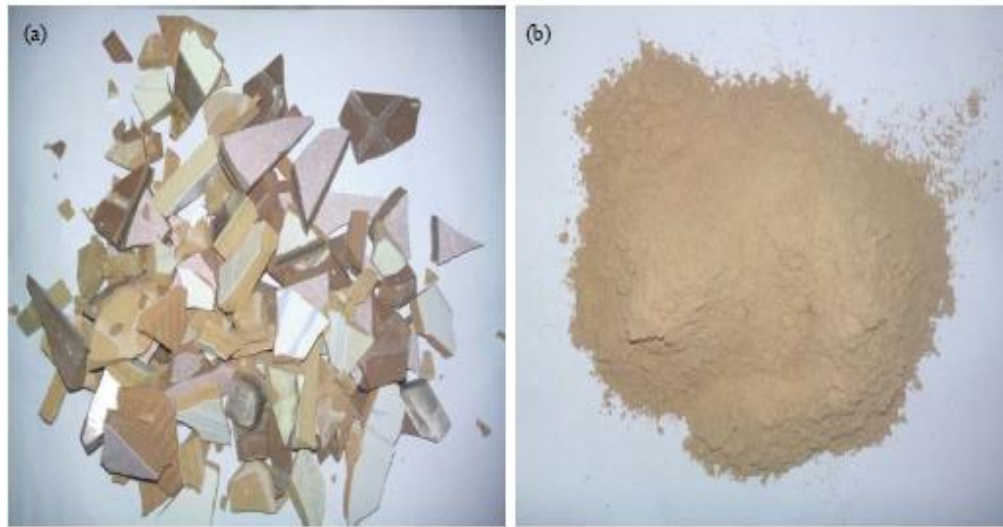
Nota. (a) Trozos de residuos cerámicos triturados (b) máquina trituradora (c) partículas de cerámicas (d) molinillo (e) Polvo cerámico (f) horno mufla. Fuente: (Taher et al., 2023)

Asimismo, Abou et al. (2023) define los polvos de desechos cerámicos (CWP) como elementos que se producen en gran cantidad durante la fabricación de cerámica, la cual se utiliza en productos como azulejos, artículos sanitarios y materiales refractarios.

Por otro lado, Siong Kang et al. (2022) tiene el concepto de que los residuos cerámicos se refieren a elementos como baldosas de cerámica, escombros procedentes de paredes de ladrillo y objetos de cerámica, los cuales son las principales fuentes de desechos en actividades de construcción y demolición.

Figura 2.

Residuos cerámicos como reemplazo del cemento



Nota. Residuos de baldosas cerámicas antes y después de la molienda. Fuente: (Chidambaram et al., 2015)

Para la dimensión **Diseño de mezcla**, se encontraron las siguientes definiciones:

Harmsen (2019) define diseño de mezcla como el proceso de calcular la cuantificación en cuanto a materiales en la mezcla de manera que cumplan con todas las propiedades necesarias según el diseño, procedimientos de construcción y rendimiento adecuado en condiciones de uso.

Kosmatka et al. (2004) tiene el concepto de que es el procedimiento de establecer las proporciones necesarias de las características del concreto que pueden ser definidas con el objetivo de que las características proyectadas sean alcanzadas.

De igual manera, Sánchez (2001) lo define como un procedimiento que implica elegir los ingredientes disponibles y establecer las proporciones adecuadas entre ellos con el objetivo de crear la mezcla de manera eficiente.

Finalmente, para Neville (1997) se refiere a el proceso de seleccionar los componentes apropiados del concreto y el cálculo de sus proporciones relativas para fabricar de manera eficiente y económica concreto con propiedades mínimas requeridas.

Para la variable dependiente **Propiedades físicas**, se tienen las siguientes definiciones:

De acuerdo a McGraw (2020), una propiedad física es aquella que puede ser evaluada y presenciada sin que se produzcan alteraciones en los componentes que le dan identidad a la sustancia.

De igual manera, Roldán (2021), define la propiedad física como una característica fundamentada sustancialmente en la estructura del elemento o materia, la cual puede ser percibida y cuantificada.

Osorio (2009) las define como propiedades que se pueden evaluar y presenciar sin que la sustancia experimenta modificaciones en su composición química.

Para Atkins y Jones (2006), tienen el concepto de que propiedades físicas son aquellas cualidades con la capacidad de ser percibidas o cuantificadas sin generar una alteración en la identidad de la sustancia.

Para la dimensión **Densidad**, se consideraron los conceptos:

Delgado (2020) define densidad como la medida que se relaciona con la cantidad de masa en un volumen específico, pudiendo aplicar tanto de manera absoluta como relativa.

De acuerdo a Kosmatka et al. (2004), en un sentido más específico la densidad de un objeto se define como la cantidad del mismo, en términos de masa o peso, requerido para ocupar un recipiente con un volumen específico establecido.

Según la RAE (2014), el concepto de densidad se entiende como la cantidad que simboliza en cuanto se relaciona volumen-masa de un objeto, representada con la unidad kilogramo por metro cúbico en el sistema internacional.

Por otro lado, Sánchez (2001) define esta propiedad como la proporción establecida entre la masa de una cantidad específica con el volumen absoluto.

Para la dimensión **Consistencia**, se tiene el siguiente contexto:

Rocha et al. (2023) establece la consistencia como una de las características fundamentales que se deben evaluar en un material en su estado fresco, y es crucial para lograr una inyección eficiente.

De acuerdo a la RAE (2014), consistencia se refiere a la unión o cohesión entre las partículas de una sustancia o los componentes de un material.

Kosmatka et al. (2004) exponen que se entiende como consistencia a la capacidad de movimiento relativo que posee una mezcla fresca de mortero de cemento, en otras palabras, su capacidad para poder fluir.

Por último, Sánchez (2001) define la consistencia como la fluidez específica que requiere una determinada cantidad de agua adicionada para poder ser moldeada.

Para la dimensión **Porosidad**, se tienen las siguientes definiciones:

De acuerdo a la RAE (2014), la porosidad es la característica de los organismos y los objetos sólidos que implica la presencia de espacios vacíos o poros.

Por otro lado, para Solís y Alcocer (2019) es la medición del volumen total de los espacios porosos internos que se presentan a nivel estructural en el concreto después de que ha alcanzado su estado de endurecimiento.

Según Solís y Moreno (2006), porosidad consiste en la adición del volumen de los espacios capilares y de los espacios en forma de gel, lo cual indica la porción del espacio que no está ocupada por los componentes sólidos.

En la definición de Neville (1997), la porosidad se entiende como la dimensión de espacios vacíos representada como la fracción del volumen total del material compuesto.

Para la dimensión **Absorción**, se consideraron los siguientes conceptos:

Según Solís y Alcocer (2019), la absorción es la propiedad que facilita la entrada de líquidos en la estructura porosa y mejora la manera en cómo los fluidos se transportan a través de la estructura del concreto.

De acuerdo a Chang et al. (2003), es la característica con el mayor impacto en la textura del concreto, debido a ser la facultad de poder absorber agua de sus componentes durante el proceso de mezcla, lo que reduce la facilidad de manejo de la mezcla.

Sánchez (2001) define absorción como el proceso mediante el cual una sustancia captura o retiene a otra para formar una solución uniforme.

Finalmente, Neville (1997) define la absorción como la propiedad que evalúa la capacidad de un fluido para ingresar al material con facilidad.

Para la variable dependiente **Propiedades mecánicas**, se tienen las siguientes definiciones:

Callister (2020) considera a las propiedades mecánicas como características que describen cómo se comportan los materiales cuando se ven expuestos a fuerzas externas.

De acuerdo a la RAE (2014), estas propiedades son aspectos de la física que se ocupan del equilibrio y del movimiento de objetos cuando se ven afectados por fuerzas externas.

Según Cervera y Blanco (2004), son las propiedades que influyen en la fuerza mecánica y la capacidad de un material cuando se le somete a una fuerza.

Así mismo, Sánchez (2001), define las propiedades mecánicas como características del material que están vinculadas a su habilidad para transmitir y resistir fuerzas o cambios en su forma.

Para la dimensión **Resistencia a la compresión**, se consideran las siguientes definiciones:

Gómez (2022) define que es una propiedad conferida al material para poder soportar una fuerza por unidad de área. No obstante, es importante destacar que esta característica no proporciona una evaluación completa de su durabilidad.

Según Hernández et al. (2018), se define como la habilidad del concreto para soportar una fuerza de compresión, un fenómeno que es típico en la mayoría de materiales recurrentes dentro de la industria de la construcción.

De acuerdo a la NTE E.060 (2009), es la resistencia del concreto a fuerzas de compresión, utilizada durante el proceso de diseño y evaluada conforme a los patrones establecidos por la normativa, expresada en unidades de megapascuales (MPa).

Finalmente, Sánchez (2001) establece que esta característica es la propiedad mecánica de mayor relevancia en concreto, considerando que tan destacada resulta esta característica al referirse a estructuras típicas de concreto armado.

5.3 Definiciones conceptuales

a) **Material cementante suplementario:** Sustancia que, aunque carece en gran medida o totalmente de valor cementoso, al ser utilizada de manera complementaria, contribuye a mejorar el rendimiento y las propiedades de forma sinérgica, al mismo tiempo que ayuda a reducir los costos de producción (El-Kattan et al., 2020).

b) **Silices:** Elemento del cemento que aporta resistencia y durabilidad al producto final, contribuyendo a una mezcla homogénea gracias a su tamaño y forma de partícula uniformes, lo que resulta en una estructura de concreto uniforme y robusta (Neville ,1997).

c) **Puzolanas:** Se definen como materias (ya sean naturales o de origen artificial) que contiene tanto componentes silíceos como aluminosos, los cuales, al reaccionar con hidróxido de calcio, originan compuestos con propiedades cementantes (Ghonaim y Morsy, 2023).

VI. HIPOTESIS Y VARIABLES DE ESTUDIO

6.1. Hipótesis

6.1.1. *Hipótesis general*

La sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados modifica de manera favorable las propiedades físico-mecánicas del concreto 210 kg/cm², Barranca, 2024.

6.1.2. *Hipótesis específicas*

La sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados varía significativamente la consistencia del concreto 210 Kg/cm², Barranca 2024.

La sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados varía positivamente la absorción del concreto 210 Kg/cm², Barranca 2024.

La sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados cambia la densidad del concreto 210 Kg/cm², Barranca 2024.

La sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados impacta de manera considerable la porosidad del concreto 210 Kg/cm², Barranca 2024.

La sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados altera significativamente la resistencia a la compresión del concreto 210 kg/cm², Barranca, 2024.

6.2. Variables de estudio

6.2.1. *Variable independiente*

Polvo de residuos cerámicos calcinados

6.2.2. *Variables dependientes*

Propiedades físico-mecánicas

6.3. Operacionalización de las variables

Tabla 1.

Operacionalización de las variables

	Variable	Def. var.	Operación	Dimensión	Indicador	Objeto	Limitaciones
VARIABLE INDEPENDIENTE	Polvo de residuos cerámicos calcinados	De acuerdo a Ghonaim y Morsy (2023), los residuos cerámicos se definen como puzolanas, es decir, sustancias naturales o sintéticas que contiene componentes silíceos y aluminosos que al combinarse con hidróxido de calcio, generan compuestos con propiedades cementantes.	Se aplicará un diseño de mezcla ACI, para las proporciones en porcentaje de sustitución con el cemento.	Dosificación	Porcentaje de Sustitución	Objeto	Alcance
							Lugar
VARIABLE DEPENDIENTE	Propiedades físicas	Osorio (2009) las define como propiedades que se pueden evaluar y presenciar sin que la sustancia experimente modificaciones en su composición química.	Se medirá la consistencia o asentamiento del concreto con el cono de Abrams mediante el ensayo descrito en la NTP 339.035.	Consistencia	Longitud de asentamiento (mm)	Concreto	210 kg/cm ² - 2024
			Se medirá la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en el hormigón (concreto) endurecido mediante el ensayo descrito en la NTP 339.187.	Absorción	Porcentaje de agua acumulada (%)		
				Densidad	Masa sobre volumen (kg/cm ³)		
				Porosidad	Porcentaje de vacíos (%)		
VARIABLE DEPENDIENTE	Propiedades mecánicas	Así mismo, Sánchez (2001), define las propiedades mecánicas como características del material que están vinculadas a su habilidad para transmitir y resistir fuerzas o cambios en su forma.	Se determinó la resistencia a la compresión del concreto en muestras mediante el ensayo normalizado en la NTP 339.034.	Resistencia a la compresión	Carga máxima por área (kg/cm ²)		

VII. OBJETIVOS

7.1. Objetivo General

Evaluar de qué manera la sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados modifica las propiedades físico-mecánicas del concreto 210 kg/cm², Barranca, 2024.

7.2. Objetivos Específicos

Determinar de qué manera la sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados varía la consistencia del concreto 210 Kg/cm², Barranca 2024.

Determinar cómo la sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados varía la absorción del concreto 210 Kg/cm², Barranca 2024.

Identificar la manera que la sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados cambia la densidad del concreto 210 Kg/cm², Barranca 2024.

Determinar de qué manera la sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados impacta en la porosidad del concreto 210 Kg/cm², Barranca 2024.

Determinar como la sustitución del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados altera la resistencia a la compresión del concreto 210 kg/cm², Barranca, 2024.

VIII. METODOLOGÍA

8.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación del estudio se denomina como Aplicada, la cual Arias et al. (2022, p.70) describe como una prueba enfocada en solucionar de manera práctica situaciones o problemas actuales; así mismo, en la definición expuesta por Carrasco (2006, p. 43) se caracteriza por tomar acción o generar cambios en un contexto específico de la realidad mediante objetivos prácticos.

Tamayo (2003) también la define como el tipo de investigación que más busca contrastar la teoría con la realidad, al compartir un estrecho vínculo con la forma pura.

8.2. Nivel de Investigación

El nivel de investigación es Explicativo, el cual Hernández-Sampieri y Mendoza (2018, pp. 111-112) teorizan que este nivel está enfocado y centrado en identificar las causas de un fenómeno, las condiciones en las que se presenta y de qué manera relaciona dos o más variables.

También este nivel identifica y comunica el porqué de la existencia del evento o hecho que se está estudiando (Carrasco, 2006, p.42).

8.3. Diseño de Investigación

El diseño es Cuasiexperimental, debido a la posibilidad de manipular intencionadamente por lo menos una variable independiente; sin embargo, los grupos de muestreo (especímenes de concreto al 12, 14 y 16% de sustitución) no son designados de manera aleatoria (Hernández Sampieri et al., 2014).

Por otro lado, Arias et al. (2022, p. 61) tiene la definición de que el diseño involucra sujetos previamente seleccionados, por lo que la existencia de este conjunto de control no da lugar a formas al azar. De igual manera, Carrasco (2006, p. 70) denomina que este diseño se utiliza en situaciones donde no es posible seleccionar sujetos al azar; y mediante grupos, es posible gestionar los cambios en las variables.

8.4. Enfoque de Investigación

El enfoque de investigación del estudio es cuantitativo. Según Ñaupas et.al. (2018, p.140), el enfoque cuantitativo debe poseer una dependencia al medir las variables; así como de la utilización de instrumentos de estudio, con la implementación tanto de la estadística descriptiva como inferencial para la investigación.

Es una investigación que analiza y estudia la realidad objetiva mediante cálculos y análisis cuantitativos, permitiendo así la recolección de datos con un grado de confiabilidad. Su objetivo es identificar justificaciones verificadas y generalizables, basadas en el ámbito estadístico (Cortez y Escudero, 2018, p.23).

Para Hernández-Sampieri, et al (2014, p.4) mencionan que se vale de la recolección de información para validar hipótesis, fundamentándose en el análisis estadístico y cuantitativo, orientado a identificar patrones de comportamiento y comprobar teoría.

8.5. Población y muestra

La población de estudio para la investigación está conformada por la producción total de concreto $f_c = 210 \text{Kg/cm}^2$ con diferentes combinaciones de sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados en dosificaciones de 0%, 12%, 14% y 16%.

La muestra se encuentra compuesta por los 84 especímenes que se clasificaron de la siguiente manera:

Tabla 2.

Cantidad de ensayos de densidad

%	N°
0	3
12	3
14	3
16	3

La muestra para la dimensión densidad está compuesta por 12 especímenes de densidad, de acuerdo a la NTP 339.187 "Método de ensayo normalizado para determinar la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en el hormigón (concreto) endurecido."

Tabla 3.*Cantidad de ensayos de trabajabilidad*

%	N°
0	3
12	3
14	3
16	3

La muestra para la dimensión consistencia está comprendida por 12 especímenes de trabajabilidad, de acuerdo a la NTP 339.035 "Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto con el cono de Abrams".

Tabla 4.*Cantidad de ensayos de porosidad*

%	N°
0	3
12	3
14	3
16	3

La muestra para la dimensión porosidad está comprendida por 12 especímenes de porosidad, de acuerdo a la NTP 339.187 "Método de ensayo normalizado para determinar la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en el hormigón (concreto) endurecido".

Tabla 5.*Cantidad de ensayos de absorción*

%	N°
0	3
12	3
14	3
16	3

La muestra para la dimensión absorción está comprendida por 12 especímenes de absorción, de acuerdo a la NTP 339.187 "Método de ensayo normalizado para determinar la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en el hormigón (concreto) endurecido".

Tabla 6.

Cantidad de ensayos de resistencia a la compresión con cilindros de 10 x 20 cm

%	7	14	28	Total
0	3	3	3	9
12	3	3	3	9
14	3	3	3	9
16	3	3	3	9

En cuanto a la muestra asignada a la dimensión resistencia a la compresión se encuentra conformada por 36 probetas cilíndricas de 10 x 20 cm, de acuerdo a la NTP 339.034 "Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras".

8.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

8.6.1. Técnicas de recolección de datos

La técnica empleada en la investigación es la observación de laboratorio. De acuerdo a Arias (2012), la observación es un método que implica visualizar o percibir sistemáticamente cualquier evento o situación que acontezca dentro del ambiente natural o social, con base en objetivos de investigación previamente definidos.

8.6.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos empleados en la investigación fueron las Fichas de observación de laboratorio. De acuerdo a Gallardo et al. (1991) es necesario aplicar un criterio de selección basado en las hipótesis o conceptos que han dado origen al proceso investigativo. Los conceptos, variables o hipótesis dentro de esta ficha deben liderar y dirigir el proceso investigativo para observar y registrar adecuadamente los datos, determinando qué información es relevante y cuál no, así como identificando qué datos son esenciales y cuáles son secundarios.

8.7. Procesamiento de la recolección de datos

Entre los trabajos previos realizados antes del estudio de laboratorio, se identificó la selección de los materiales y los lugares de donde se obtuvieron los insumos para la producción del concreto. En primer lugar, la extracción de los agregados (tanto agregado fino como agregado grueso) tendrá como fuente la cantera "Río Seco" ubicada

aproximadamente a 14.80 km del cruce a la Carretera Huaraz, trasladándose a los laboratorios correspondientes para el trabajo de laboratorio.

Figura 3.

Rutas de localización: Tramo Vivienda 1 - Cantera Río Seco - Laboratorio UNAB



Nota. Adaptado de Google Earth.

El material reciclable utilizado para parcialmente sustituir en porcentajes el cemento (polvo de residuos cerámico calcinado) se extrajo de las zonas cercanas a la urbanización San Gerardo y Las Palmeras V Etapa de la ciudad de Barranca. Debido a la alta densidad de nuevas obras de construcción de viviendas y la cantidad de residuos encontrados en la zona, se identificó un contexto oportuno para obtener y reciclar los residuos cerámicos en esta área. En cuanto al cemento a ser utilizado en las mezclas de diseño, el insumo fue obtenido de la Ferretería “Don Carlos” para también considerarlo en la comparativa con cotización.

Figura 4.

Rutas de localización: Tramo Urbanización Las Palmeras V Etapa - Urbanización San Gerardo - Vivienda 1- Laboratorio UNAB



Nota. Adaptado de Google Earth.

Trabajo de laboratorio

El procedimiento a seguir para el trabajo en laboratorio tiene como punto de partida la determinación en las pruebas de laboratorio a realizar con el objetivo de caracterizar las propiedades físicas de los agregados extraídos de la cantera Río Seco.

Análisis Granulométrico de los agregados

En primer lugar, el análisis granulométrico fue realizado en función de la Norma NTP 400.012 para establecer la proporción en que se distribuyen los tamaños de las partículas en agregados de la zona en estudio. El procedimiento implicó pasar una cierta cantidad del material extraído como muestra a través de los tamices normados con aberturas

de dimensiones específicas. Consiguiente a este procedimiento, se registró cuánto material fue retenido según la apertura de los tamices, se generó la curva granulométrica y su utilidad como agregado en construcción se determinó según las especificaciones de la norma NTP 400.037.

Propiedades físicas de los agregados

El peso específico de los agregados fue realizado según NTP 400.022 para agregados finos y NTP 400.023 para agregados gruesos. El procedimiento implicó sumergir la muestra en agua en un intervalo de 24 horas con el objetivo de saturar los polos, a continuación la muestra fue retirada del agua y se registró su masa después del secado. Finalmente, el volumen fue determinado midiendo el desplazamiento que ocurrió al sumergir dicha muestra en un recipiente graduado y nuevamente se cuantificó su masa después del secado en el horno.

Adicionalmente, se realizó la medición del contenido de humedad de acuerdo con la norma técnica peruana 339.185/ASTM C-566 en agregados. Esta propiedad fue obtenida al calcular la relación porcentual de la variedad de la muestra saturada seca y el peso seco del agregado.

Por otro lado, se procedió al ensayo de laboratorio de % de vacíos mediante la norma NTP 400.017. El proceso seguido se resume en: preparación muestral, saturación de la misma, medición de la masa saturada, cálculo del volumen, secado, medición de la masa seca y registro de la masa completamente seca. Por último, se hizo el cálculo del porcentaje de vacíos con el peso específico y volumétrico.

Diseño de mezcla

Con respecto al diseño de mezcla, se procedió con la planificación de la composición de la mezcla teniendo de base un f_c característico de 210 Kg/cm², teniendo el propósito de determinar la cuantificación de materiales necesarios para la elaboración, cumpliendo con los estándares que se requieren según la metodología del American Concrete Institute (ACI). Para este procedimiento, se realizó un diseño patrón con las propiedades de los insumos requeridos para determinar las dosificaciones. En base a estas dosificaciones, se calculó la cantidad de material requerido para cada muestra y se realizó la sustitución parcial de acuerdo a nuestra población.

En un primer momento, se determinaron los materiales derivados de los residuos cerámicos que serían objeto de análisis. Para que la selección del material no sea de manera aleatoria, se priorizó la utilización de residuos provenientes de productos nacionales. Los grupos encargados de producir este material se encuentran bajo rigor de la norma ISO 13006, la cual especifica parámetros técnicos rigurosos que obligan al fabricante de cerámica a conservar composiciones físico-químicas similares entre sus productos del mismo tipo, garantizando que los residuos cerámicos que serán procesados compartan dichas propiedades.

Adicionalmente, se procuró categorizar los residuos cerámicos según tipo y método de producción, empleando la categoría White Paste que incluyen baldosas cerámicas y aparatos sanitarios. Este tipo ofrece un material más homogéneo al tener un tratamiento adicional, a diferencia de la categoría Red paste (ladrillos, bloques y tejas) que resultan en subproductos en diferentes niveles del proceso de cocción.

Luego, el material de sustitución fue sometido a procesos de trituración y calcinación similares a la fabricación del cemento. En la provincia de Barranca, existen distribuidoras de agregado que pueden realizar trituraciones preliminares, y empresas mineras que disponen de equipos industriales (muflas, molinos de bolas, martillos y verticales) capaces de pulverizar materiales hasta tamaños menores a 75 micras (malla 200). Para el fin de esta investigación, los procedimientos se asemejaron de la siguiente manera:

La molienda preliminar del material se hizo de manera manual empleando herramientas (martillos), para llevar los residuos cerámicos a un tamaño óptimo (tamaño máximo < 1”). Se realizó este paso para que el proceso de trituración mediante la máquina de Los Ángeles sea más uniforme y no suponga un esfuerzo excesivo para el equipo.

La trituración mediante la máquina de Los ángeles se realizó mediante varios ciclos de 500 revoluciones cada uno, empleando menos de 10 kg de material en cada repetición. Al final de cada ciclo, se tamizó el material resultante a través de la malla N°100 y el porcentaje retenido era ingresado nuevamente junto con el siguiente conjunto de residuos cerámicos. Este proceso se repitió hasta finalmente obtener la cantidad necesaria para realizar los especímenes de concreto más un 50% extra en caso de desperdicios por el proceso de pulverización y calcinación.

El proceso para la pulverización incluyó la utilización de un molino pulverizador eléctrico de laboratorio, dentro del cual se ingresó el material filtrado en el anterior procedimiento y se almacenó el polvo cerámico resultante. Adicionalmente, el material de sustitución fue sometido a calor aproximadamente de 600 a 900 C° mediante un horno mufla de laboratorio. De esta manera, los residuos cerámicos obtuvieron un proceso de elaboración análogo al del cemento, garantizando que el material de sustitución parcial llegara a las características similares a las del insumo (cemento) teniendo como referencia el material pasante de la malla normada N°200 (finura estándar del cemento).

Finalmente, el material seleccionado fue almacenado y preservado en condiciones normales para ser empleado el día de la elaboración de las probetas de concreto a ser estudiadas en este estudio. A partir de la Foto N°47 – Anexo N°02 se puede apreciar el proceso descrito detalladamente en el presente capítulo.

El insumo a reemplazar fue el cemento, por lo que para cada porcentaje se calculó el peso del cemento que será reemplazado por el material reciclable (en este caso, 12%, 14% y 16% de polvo de residuos cerámicos calcinados) y se consideró un porcentaje de desperdicio para ser empleado en estudios de especímenes adicionales. Se procedió con la fabricación de los especímenes de concreto siguiendo las pautas establecidas en la norma NTP 339.183/ASTM C-192M. Este procedimiento incluyó la preparación de 12 testigos patrón de dimensiones cilíndricas de 10 x 20 cm, así como 12 testigos adicionales para cada porcentaje de sustitución.

Propiedades físicas del concreto

Una vez culminado nuestro diseño de mezcla según porcentajes, el primer ensayo realizado para el concreto en estado fresco fue el de la NTP 339.035 “Método de prueba para medir el asentamiento del hormigón con cono de Abrams”. En este procedimiento, se midió la consistencia de la mezcla en fresco mediante un cono troncocónico llenado con concreto y compactado en capas sucesivas. Por consiguiente, al levantar el cono se midió la reducción en la altura del concreto para cada espécimen, conocido como asentamiento. Este valor nos proporciona una indicación de la trabajabilidad de nuestra mezcla.

Posteriormente, para el concreto endurecido fue necesario realizar el ensayo especificado en la NTP 339.187 "Método de ensayo normalizado para determinar la

densidad, absorción y porcentaje de vacíos en el hormigón (concreto) endurecido". Para identificar las muestras, se marcaron con códigos específicos los especímenes para ensayos de compresión y las probetas empleadas para propiedades físicas fueron preparadas en discos cilíndricos mediante amoladora para cumplir con las dimensiones especificadas en norma.

El proceso continuó con el secado del espécimen de concreto durante 24 horas y se registró su masa seca al horno. A continuación, se sumergió en agua por menos de 48 horas, se realizó el secado y registro de masa. Culminado este proceso, el espécimen fue colocado en un envase lleno de agua para ser sometido a un proceso de ebullición. Tras enfriarse, la masa saturada posterior al proceso de ebullición fue registrada. Finalmente, este espécimen fue suspendido para su posterior sumergimiento con el fin de medir su masa aparente en el agua. Estos datos obtenidos en el ensayo nos permitieron calcular tanto la densidad masiva como aparente del concreto endurecido, el volumen de poros, porcentaje de absorción, etc.

Propiedades mecánicas del concreto

Culminando con las características físicas del material, se procedió con las pruebas de propiedades mecánicas de los cilindros de 10 x 20 cm. Estos ensayos fueron realizados de acuerdo a la cantidad determinada en la población, teniendo 3 especímenes por cada porcentaje de sustitución y cantidad de días después de haber sido desencofrados y retirados de la poza de curado.

Inicialmente, se realizó el ensayo normado por la NTP 339.034 "Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras". Una vez retirados los moldes de concreto de los cilindros de 10 x 20 m, se procedió al curado durante 7, 14 y 28 días. Después de cada uno de estos períodos, se retiró cada probeta de concreto para someterlas a la máquina de compresión. Para organizar los resultados, fue importante registrar anteriormente la fecha de vertido y el diseño (% de sustitución), secar la probeta, medir su diámetro y altura antes de proceder con el ensayo. Una vez realizados los trabajos previos, colocamos la probeta cilíndrica dentro del equipo de compresión axial y acercamos la base superior para que el equipo aplique la fuerza para comprimirla. Cuando la probeta alcanzó su punto de rotura total, el pistón tuvo que detenerse y elevarse para posteriormente retirar la muestra. Este proceso se repitió para cada muestra y se registraron los datos para los fines de esta investigación.

8.8. Análisis de la información

Los datos recopilados, provenientes de los diversos ensayos de laboratorio que se realizaron, se registraron dentro de las fichas de observación correspondientes. Estos datos fueron organizados y evaluados utilizando formatos de hojas de cálculo y gráficos y programas de análisis estadístico que nos proporcionaron un panorama completo de los resultados. Esta evaluación nos permite llegar a conclusiones y obtener resultados respecto al reemplazo parcial de polvo de residuos cerámicos en lugar del cemento.

El análisis estadístico de datos se basó en un análisis descriptivo (media, mediana, desviación estándar, varianza y asimetría) y análisis inferencial (prueba de normalidad, ANOVA, etc.); de las cuales se identificó la significancia para cada propiedad y se evaluó de acuerdo a las hipótesis la influencia del material de reemplazo en las propiedades caracterizadas en la investigación.

Es esencial destacar que estos resultados fueron analizados conforme al reglamento técnico peruano en vigor en relación con el concreto y se validaron con las fichas de resultados proporcionadas por el laboratorio.

IX. CONSIDERACIONES ÉTICAS

La UNAB (2023) menciona una serie de normativas éticas para proyectos académicos y de investigación, que se detallan en la Directiva N°07-2019-UNAB, aprobada bajo el título de: “Normas y procedimientos para trabajos de investigación, tesis y trabajos de suficiencia profesional conducentes a la obtención del título académico de bachiller y título profesional”. Entre ellas, se destaca su política antiplagio, la cual garantiza el esfuerzo genuino y la originalidad del equipo de investigación (Resolución N°864-2023-UNAB).

La UNAB (2021) detalla las líneas de investigación agrupadas en cinco áreas, asegurando que cada una de ellas contribuya al avance del conocimiento y sea relevante para el campo de estudio (Resolución N°377-2021-UNAB).

CONCYTEC (2016) resalta que entre sus funciones esenciales se encuentran promover la integridad intelectual, la transparencia en la redacción, citación de fuentes, así como fomentar el conocimiento a través de diversas ayudas económicas y sociales, con el fin de impulsar la productividad científica del país.

Por último, esta investigación se desarrollará siguiendo las directrices establecidas anteriormente. Apegándose a las normativas, cada fase del proyecto ha sido diseñada considerando los requisitos específicos y los estándares éticos que la UNAB y CONCYTEC promueven.

X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

10.1. Resultados

10.1.1. Determinar de qué manera la sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados varía la consistencia del concreto

10.1.1.1. Resultados de los ensayos de consistencia

Se evaluó la variación en la trabajabilidad de la mezcla de concreto al reemplazar 12, 14 y 16% del peso del cemento por el material de sustitución. En la Tabla 7 se presentan los resultados con respecto a la consistencia tanto del concreto patrón como el concreto con reemplazo de residuo cerámico.

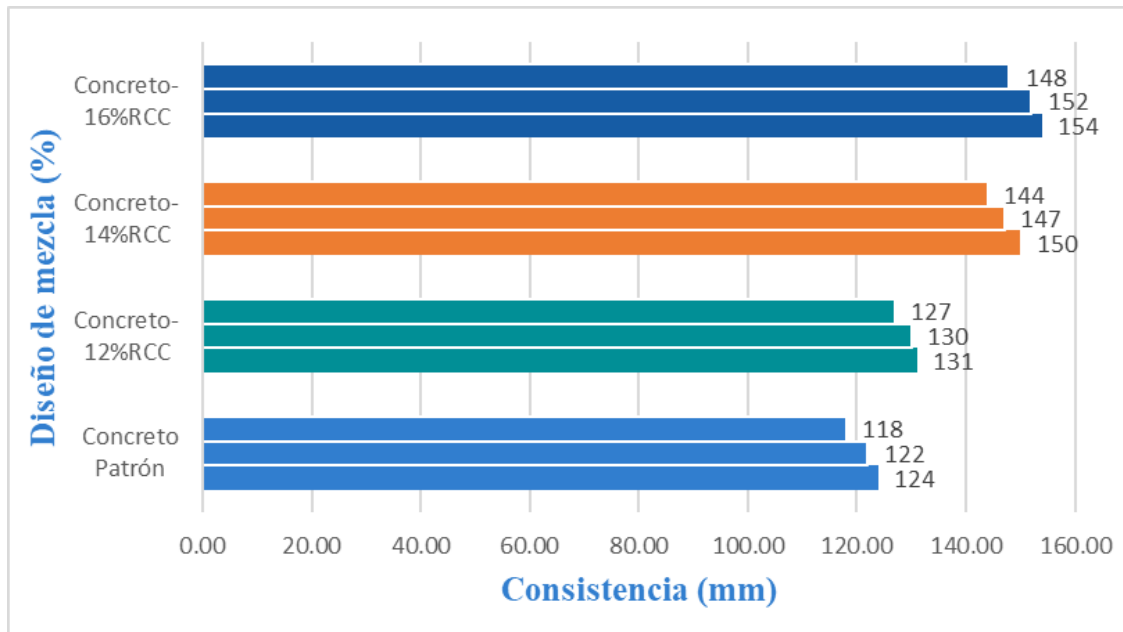
Tabla 7.

Consistencia del concreto patrón y concreto con sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados

%	Fecha de ensayo	Asentamiento (mm)
Concreto Patrón	13/11/24	124.0
	13/11/24	122.0
	13/11/24	118.0
Concreto 12% RCC	07/12/24	131.0
	07/12/24	130.0
	07/12/24	127.0
Concreto 14% RCC	07/12/24	150.0
	07/12/24	147.0
	07/12/24	144.0
Concreto 16% RCC	07/12/24	154.0
	07/12/24	152.0
	07/12/24	148.0

Figura 5.

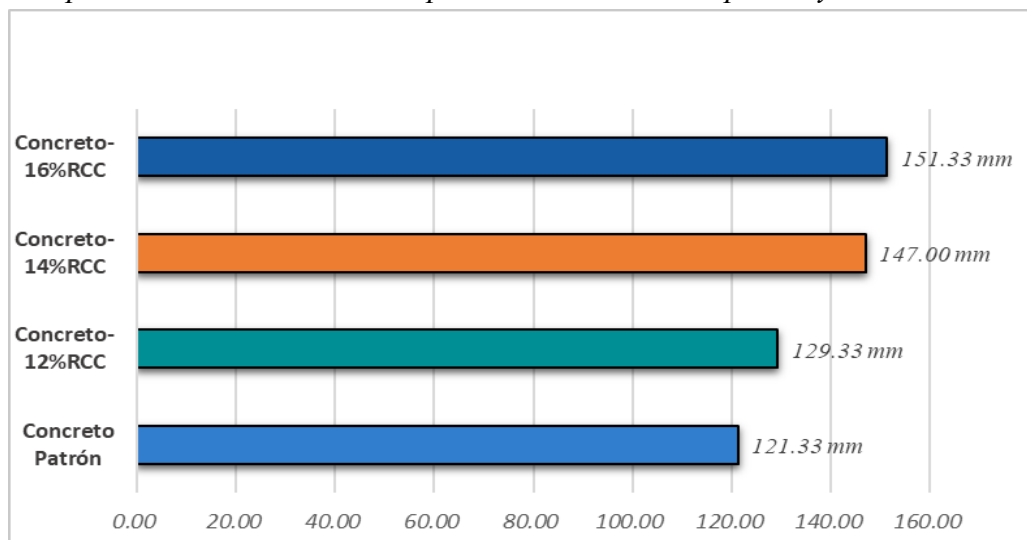
Comparación de la consistencia del concreto patrón y concreto con sustitución



En los datos expuestos se evidencia un asentamiento promedio en la muestra referencial de 121.33 mm; así mismo, para los reemplazos del cemento por residuos cerámicos al 12%, 14% y 16% se registró un valor promedio en la consistencia de 129.33 mm, 147 mm y 151.33 mm respectivamente. Este análisis expone una tendencia al incremento de la fluidez del concreto al aumentar el porcentaje de reemplazo del cemento, resultando el concreto al 16% de reemplazo con la mayor variación de consistencia de 24.7% con respecto al concreto patrón.

Figura 6.

Comparación de la consistencia promedio del concreto patrón y concreto con sustitución



10.1.1.2. Análisis estadístico descriptivo de los resultados de consistencia

En primer lugar, el análisis estadístico inicia con una descripción de los valores obtenidos en las pruebas de asentamiento. Mediante la Tabla 8 se observan las medidas estadísticas empleadas para describir los resultados de la propiedad de consistencia.

Tabla 8.

Análisis estadístico descriptivo de la propiedad de consistencia

CONO DE ABRAMS				M	Me	Ds	Var	As
MUESTRA	M1	M2	M3					
Patrón	124.00	122.00	118.00	121.33	122.00	3.055	9.33	-0
12%	131.00	130.00	127.00	129.33	130.00	2.08	4.33	-0.53
14%	150.00	147.00	144.00	147.00	147.00	3.00	9.00	0.00
16%	154.00	152.00	148.00	151.33	152.00	3.06	9.33	-0.38

10.1.1.3. Análisis estadístico avanzado de los resultados de consistencia

Prueba de normalidad

En el presente estudio, se tiene 3 datos de ensayo para cada proporción de reemplazo al 0%, 12%, 14% y 16% con residuos cerámicos; de esta manera, se emplea la prueba de Shapiro-Wilk para menos de 50 datos.

Ho = Existe normalidad entre los diseños de acuerdo con su consistencia

H1 = No existe normalidad entre los diseños de acuerdo con su consistencia

Nivel de significancia: Si Sig. < 0,05 la Ho se rechaza, si Sig. > 0,05 la Ho no se rechaza.

Tabla 9.*Prueba de normalidad para la propiedad de consistencia*

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Residuo para Trabajabilidad	,192	12	,200*	,876	12	,078

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

a. Corrección de significación de Lilliefors

Según lo observado en la Tabla 9, la significancia obtenida fue de $0.078 > 0.05$. En consecuencia, se acepta la hipótesis nula y se comprueba que los datos de consistencia poseen una distribución normal.

Prueba de homocedasticidad

Posteriormente, verificamos la existencia de homocedasticidad de varianzas con la prueba de Levene y se tiene lo siguiente:

Ho = Existe homocedasticidad entre los diseños de acuerdo con su consistencia

H1 = No existe homocedasticidad entre los diseños de acuerdo con su consistencia

Nivel de significancia: Si Sig. $< 0,05$ la Ho se rechaza, si Sig. $> 0,05$ la Ho no se rechaza.

Tabla 10.*Prueba de homocedasticidad para la propiedad de consistencia*

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^{a,b}

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Trabajabilidad	Se basa en la media	,157	3	8	,922
	Se basa en la mediana	,100	3	8	,958
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,100	3	7,656	,958
	Se basa en la media recortada	,152	3	8	,925

Prueba la hipótesis nula de que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

a. Variable dependiente: Trabajabilidad

b. Diseño : Intersección + Porcentajes

Debido a lo descrito en la Tabla 10, se observa en la prueba basada en la media una significancia de $0.922 > 0.05$; por consiguiente, se comprueba la presencia de homocedasticidad y se procede al Análisis de Varianza - ANOVA.

Análisis de Varianza - ANOVA

En el análisis de ANOVA se presentan los siguientes supuestos:

H_0 = Las medias no son diferentes entre sí de la consistencia obtenida

H_1 = Al menos una de las medias de los diseños es diferente al de los demás de la consistencia obtenida

Nivel de significancia: Si Sig. $< 0,05$ la H_0 se rechaza, si Sig. $> 0,05$ la H_0 no se rechaza.

Tabla 11.

Análisis de varianza - ANOVA para la propiedad de consistencia

ANOVA					
Trabajabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1828,250	3	609,417	76,177	,000
Dentro de grupos	64,000	8	8,000		
Total	1892,250	11			

Con respecto a la Tabla 11, se afirma que la significancia es menor a 0.001 y de esta manera se rechaza la hipótesis nula. La hipótesis alterna es aceptada: La sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados **varía significativamente** la consistencia del concreto.

Prueba Post Hoc - Tukey

Se analiza y compara las diferencias entre los grupos de muestras sobre la trabajabilidad:

Tabla 12.*Post Hoc - Tukey para la propiedad de consistencia***Comparaciones múltiples**

Variable dependiente: Trabajabilidad

HSD Tukey

(I) Porcentajes	(J) Porcentajes	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
PATRÓN	12% RCC	-8,00000*	2,30940	,035	-15,3955	-,6045
	14% RCC	-25,66667*	2,30940	,000	-33,0622	-18,2712
	16% RCC	-30,00000*	2,30940	,000	-37,3955	-22,6045
12% RCC	PATRÓN	8,00000*	2,30940	,035	,6045	15,3955
	14% RCC	-17,66667*	2,30940	,000	-25,0622	-10,2712
	16% RCC	-22,00000*	2,30940	,000	-29,3955	-14,6045
14% RCC	PATRÓN	25,66667*	2,30940	,000	18,2712	33,0622
	12% RCC	17,66667*	2,30940	,000	10,2712	25,0622
	16% RCC	-4,33333	2,30940	,309	-11,7288	3,0622
16% RCC	PATRÓN	30,00000*	2,30940	,000	22,6045	37,3955
	12% RCC	22,00000*	2,30940	,000	14,6045	29,3955
	14% RCC	4,33333	2,30940	,309	-3,0622	11,7288

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

Mediante la Tabla 12 se verifica una significancia no superior a 0.001, por lo que se presencia una diferencia considerable entre las medias de los porcentajes; a excepción de la comparación entre 14% y 16% de reemplazo por polvo cerámico, las cuales presentan valores de $0.309 > 0.05$.

10.1.2. Determinar cómo la sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados varía la absorción del concreto

10.1.2.1. Resultados de los ensayos de absorción

Mediante la Tabla 13, se muestran los valores obtenidos en relación al porcentaje de absorción de agua de las muestras patrón como el concreto con reemplazo de residuo cerámico en las respectivas dosificaciones.

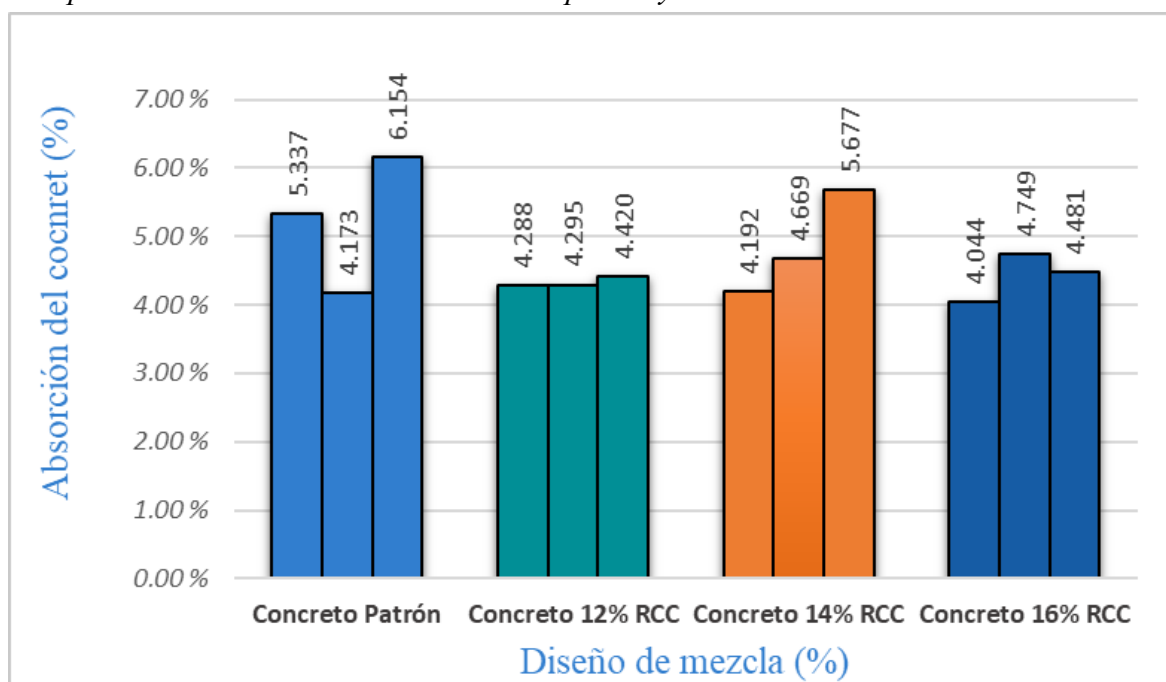
Tabla 13.

Porcentaje de absorción del agua del concreto patrón y concreto con sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados

Identificación de la Muestra	M-01	M-02	M-03
Concreto Muestra Patrón	5.337	4.173	6.154
Concreto 12% RCC	4.288	4.295	4.420
Concreto 14% RCC	4.192	4.669	5.677
Concreto 16% RCC	4.044	4.749	4.481

Figura 7.

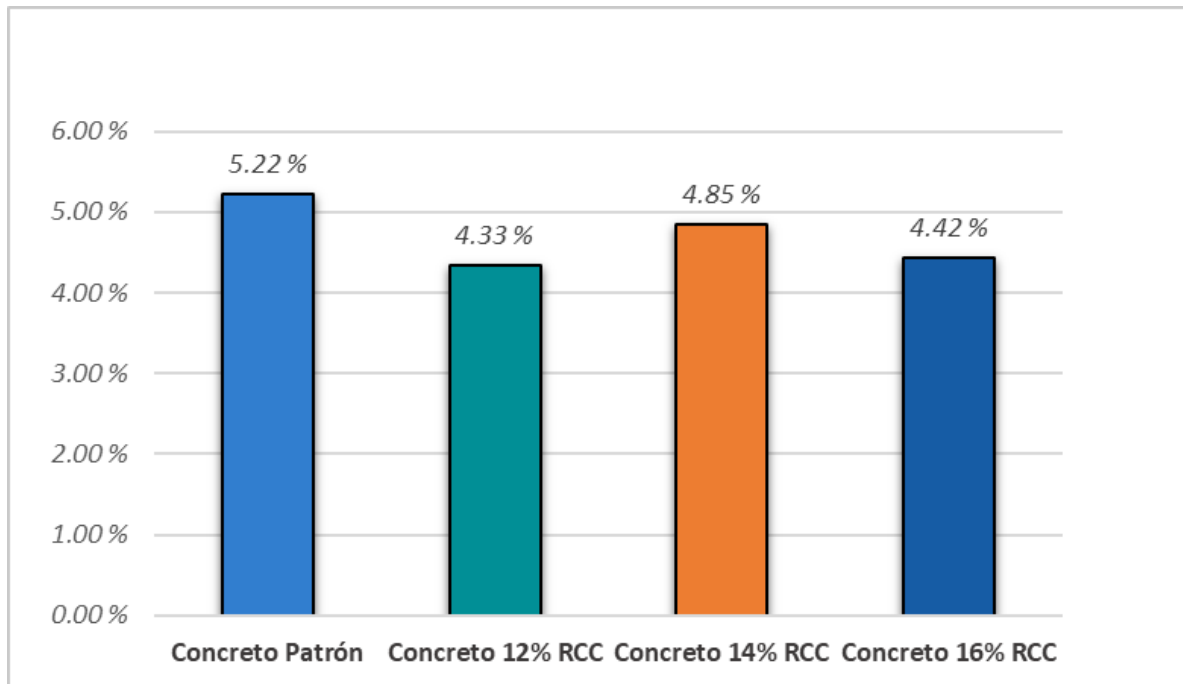
Comparación de la absorción del concreto patrón y concreto con sustitución



En consecuencia, los valores resultantes en el concreto patrón reflejan un porcentaje de absorción de 5.22% en promedio; por otro lado, se obtuvieron valores de 4.33%, 4.85% y 4.42% en promedio para las muestras de sustitución por cerámica al 12%, 14% y 16%, respectivamente. De esta manera, se determina que el concreto patrón presenta una mayor capacidad de absorción en comparación a los otros diseños con reemplazo.

Figura 8.

Comparación de la absorción promedio del concreto patrón y concreto con sustitución



10.1.2.2. Análisis estadístico descriptivo de los resultados de absorción

El análisis estadístico descriptivo de los resultados obtenidos para la propiedad de absorción se encuentra especificados en la Tabla 14.

Tabla 14.

Análisis estadístico descriptivo de la propiedad de absorción

MUESTRA	ABSORCIÓN			M	Me	Ds	Var	As
	M1	M2	M3					
Patrón	5.337	4.173	6.154	5.22	5.34	1.00	0.99	-0.21
12%	4.288	4.295	4.420	4.33	4.30	0.07	0.01	0.70
14%	4.192	4.669	5.677	4.85	4.67	0.76	0.57	0.41
16%	4.044	4.749	4.481	4.42	4.48	0.36	0.13	-0.28

10.1.2.3. Análisis estadístico avanzado de los resultados de absorción

Prueba de normalidad

En el presente análisis, se procedió con el ensayo de 12 muestras divididas en los porcentajes de reemplazo del 0%, 12%, 14% y 16%; en consecuencia, se emplea la prueba de Shapiro-Wilk.

Ho = Existe normalidad entre los diseños de acuerdo con la absorción

H1 = No existe normalidad entre los diseños de acuerdo con la absorción

Nivel de significancia: Si Sig. < 0,05 la Ho se rechaza, si Sig. > 0,05 la Ho no se rechaza.

Tabla 15.

Prueba de normalidad para la propiedad de absorción

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Residuo para Absorción	,168	12	,200*	,960	12	,779

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

a. Corrección de significación de Lilliefors

La Tabla 15 evidencia una significancia de 0.779 mayor a 0.05, por lo que se comprueba que los valores de absorción siguen una distribución normal.

Prueba de homocedasticidad

Igualmente, comprobamos la existencia de homocedasticidad de varianzas mediante la prueba de Levene analizando lo siguiente:

Ho = Existe homocedasticidad entre los diseños de acuerdo con la absorción

H1 = No existe homocedasticidad entre los diseños de acuerdo con la absorción

Nivel de significancia: Si Sig. < 0,05 la Ho se rechaza, si Sig. > 0,05 la Ho no se rechaza.

Tabla 16.

Prueba de homocedasticidad para la propiedad de absorción

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^{a,b}

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Absorción	Se basa en la media	2,495	3	8	,134
	Se basa en la mediana	1,347	3	8	,326
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,347	3	4,544	,367
	Se basa en la media recortada	2,413	3	8	,142

Prueba la hipótesis nula de que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

a. Variable dependiente: Absorción

b. Diseño : Intersección + Porcentajes

Según la Tabla 16, se muestra una significancia en la prueba de homocedasticidad de $0.134 > 0.05$; en consecuencia, se afirma que existe homocedasticidad en los datos y se continúa con el Análisis de Varianza.

Análisis de Varianza - ANOVA

En el análisis de ANOVA se tiene:

Ho = Las medias no son diferentes entre sí de la absorción obtenida

H1 = Al menos una de las medias de los diseños es diferente al de los demás de la absorción obtenida

Nivel de significancia: Si Sig. $< 0,05$ la Ho se rechaza, si Sig. $> 0,05$ la Ho no se rechaza.

Tabla 17.*Análisis de varianza - ANOVA para la propiedad de absorción*

ANOVA					
Absorción					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1,507	3	,502	1,184	,375
Dentro de grupos	3,396	8	,425		
Total	4,904	11			

Según se observa en la Tabla 17, se obtiene una significancia de $0.375 > 0.05$; por lo tanto, las medias no son diferentes entre sí y se acepta la hipótesis nula: La sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados **no varía positivamente** la absorción del concreto.

Prueba Post Hoc - Tukey

Se analiza y compara las diferencias entre los grupos de datos obtenidos para la absorción:

Tabla 18.*Post Hoc - Tukey para la propiedad de absorción*

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Absorción						
HSD Tukey						
(I) Porcentajes	(J) Porcentajes	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
PATRÓN	12% RCC	,887000	,531990	,398	-,81662	2,59062
	14% RCC	,375333	,531990	,892	-1,32829	2,07895
	16% RCC	,796667	,531990	,481	-,90695	2,50029
12% RCC	PATRÓN	-,887000	,531990	,398	-2,59062	,81662
	14% RCC	-,511667	,531990	,774	-2,21529	1,19195
	16% RCC	-,090333	,531990	,998	-1,79395	1,61329
14% RCC	PATRÓN	-,375333	,531990	,892	-2,07895	1,32829
	12% RCC	,511667	,531990	,774	-1,19195	2,21529
	16% RCC	,421333	,531990	,856	-1,28229	2,12495
16% RCC	PATRÓN	-,796667	,531990	,481	-2,50029	,90695
	12% RCC	,090333	,531990	,998	-1,61329	1,79395
	14% RCC	-,421333	,531990	,856	-2,12495	1,28229

Finalmente, se comprueba en la Tabla 18 que no existe una diferencia significativa al comparar las medias de los diseños debido a que se observaron valores de significancia mayores a 0.05.

10.1.3. Identificar la manera que la sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados cambia la densidad del concreto

10.1.3.1. Resultados de los ensayos de densidad

Los ensayos de densidad resultaron en valores con respecto al concreto patrón y el concreto con sustitución del cemento por residuos cerámicos calcinados al 12%, 14% y 16%, descritos en la siguiente tabla.

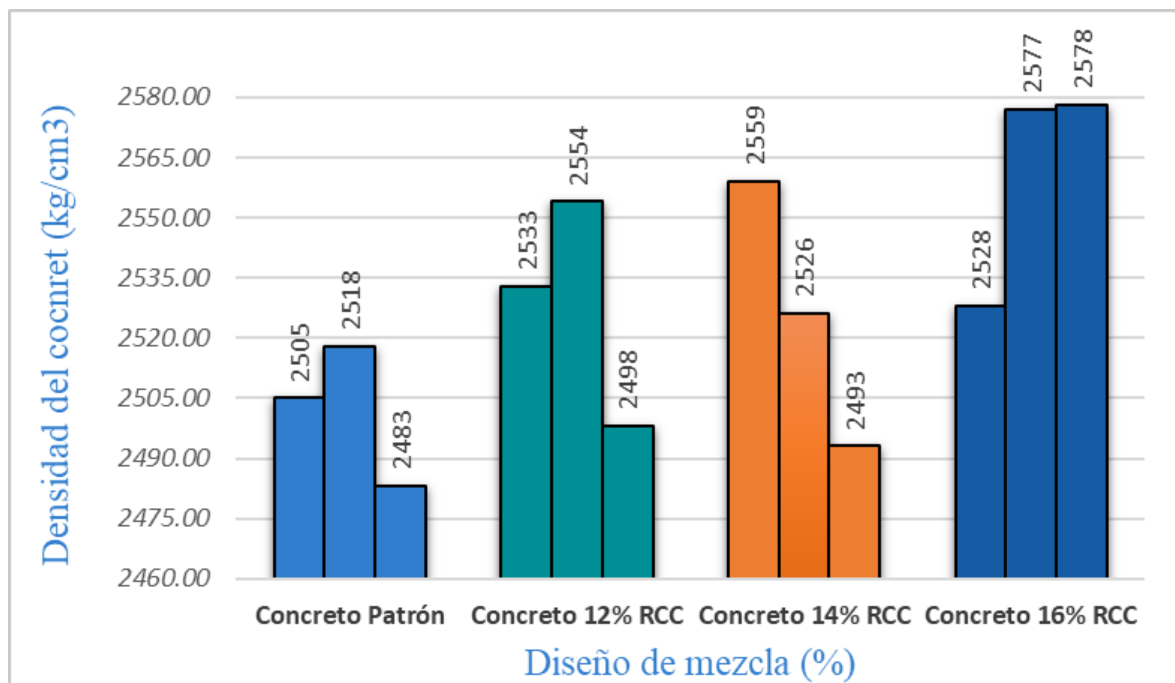
Tabla 19.

Densidad del concreto patrón y concreto con sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados

Identificación de la Muestra	M-01	M-02	M-03
Concreto Muestra Patrón	2505	2518	2483
Concreto 12% RCC	2533	2554	2498
Concreto 14% RCC	2559	2526	2493
Concreto 16% RCC	2528	2577	2578

Figura 9.

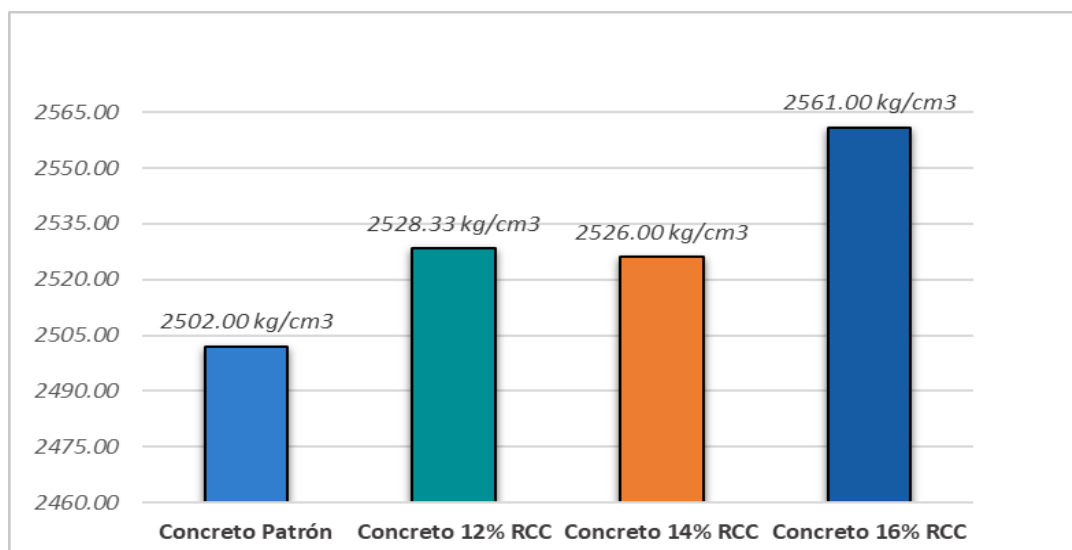
Comparación de la densidad del concreto patrón y concreto con sustitución



Analizando la Tabla 19, se observó un valor promedio de 2502 kg/cm³ para la densidad del concreto patrón. Sin embargo, para los especímenes con reemplazo de cerámico al 12%, 14% y 16% resultó en un promedio de densidad de 2528.33 kg/cm³, 2526 kg/cm³ y 2561 kg/cm³, respectivamente. De esta manera, el diseño con 16% de reemplazo registró el aumento más notable de 2.35% en comparación con la densidad de la muestra patrón.

Figura 10.

Comparación de la densidad promedio del concreto patrón y concreto con sustitución



10.1.3.2. Análisis estadístico descriptivo de los resultados de densidad

Se realiza un análisis estadístico preliminar para la propiedad de absorción como se observa en la Tabla 20.

Tabla 20.

Análisis estadístico descriptivo de la propiedad de densidad

MUESTRA	DENSIDAD			M	Me	Ds	Var	Asimetría
	M1	M2	M3					
Patrón	2505	2518	2483	2502.00	2505.00	17.69	313.00	-0.30
12%	2533	2554	2498	2528.33	2533.00	28.29	800.33	-0.29
14%	2559	2526	2493	2526.00	2526.00	33.00	1089.00	0.00
16%	2528	2577	2578	2561.00	2577.00	28.58	817.00	-0.71

10.1.3.3. Análisis estadístico avanzado de los resultados de densidad

Prueba de normalidad

La investigación de la propiedad empleó 12 especímenes repartidos equitativamente entre los diseños al 0%, 12%, 14% y 16% de sustitución; por ende, se procedió con la prueba de Shapiro-Wilk.

Ho = Existe normalidad entre los diseños de acuerdo con su densidad

H1 = No existe normalidad entre los diseños de acuerdo con su densidad

Nivel de significancia: Si Sig. < 0,05 la Ho se rechaza, si Sig. > 0,05 la Ho no se rechaza.

Tabla 21.*Prueba de normalidad para la propiedad de densidad*

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Residuo para Densidad	,169	12	,200 [*]	,903	12	,172

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

a. Corrección de significación de Lilliefors

En la Tabla 21 se puede observar una significancia de $0.172 > 0.05$, concluyendo que los datos para la propiedad se distribuyen siguiendo una tendencia normal.

Prueba de homocedasticidad

Adicionalmente, se verifica si existe una distribución homogénea en los datos mediante la prueba de Levene:

Ho = Existe homocedasticidad entre los diseños de acuerdo con su densidad

H1 = No existe homocedasticidad entre los diseños de acuerdo con su densidad

Nivel de significancia: Si Sig. < 0,05 la Ho se rechaza, si Sig. > 0,05 la Ho no se rechaza.

Tabla 22.*Prueba de homocedasticidad para la propiedad de densidad*

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^{a,b}

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Densidad	Se basa en la media	,333	3	8	,802
	Se basa en la mediana	,142	3	8	,932
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,142	3	5,818	,931
	Se basa en la media recortada	,315	3	8	,814

Prueba la hipótesis nula de que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

a. Variable dependiente: Densidad

b. Diseño : Intersección + Porcentajes

De acuerdo a lo observado en la Tabla 22, la significancia en la prueba de homocedasticidad es de $0.802 > 0.05$; de este modo, se verifica la presencia de homocedasticidad en los resultados descritos y se procede con el Análisis de Varianza.

Análisis de Varianza - ANOVA

En el análisis de ANOVA se tiene:

Ho = Las medias no son diferentes entre sí de la densidad obtenida

H1 = Al menos una de las medias de los diseños es diferente al de los demás de la densidad obtenida

Nivel de significancia: Si Sig. $< 0,05$ la Ho se rechaza, si Sig. $> 0,05$ la Ho no se rechaza.

Tabla 23.

Análisis de varianza - ANOVA para la propiedad de densidad

ANOVA					
Densidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	5286,000	3	1762,000	2,334	,150
Dentro de grupos	6038,667	8	754,833		
Total	11324,667	11			

El análisis realizado en la Tabla 23 resulta en una significancia de $0.150 > 0.05$; por tal razón, se concluye que las medias no son diferentes entre sí y se acepta la hipótesis: La sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados **no cambia** la densidad del concreto.

Prueba Post Hoc - Tukey

Se analiza y compara las diferencias entre los grupos de datos obtenidos para la densidad:

Tabla 24.*Post Hoc - Tukey para la propiedad de densidad*

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Densidad
HSD Tukey

(I) Porcentajes	(J) Porcentajes	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
PATRÓN	12% RCC	-26,33333	22,43262	,658	-98,1705	45,5038
	14% RCC	-24,00000	22,43262	,716	-95,8371	47,8371
	16% RCC	-59,00000	22,43262	,112	-130,8371	12,8371
12% RCC	PATRÓN	26,33333	22,43262	,658	-45,5038	98,1705
	14% RCC	2,33333	22,43262	1,000	-69,5038	74,1705
	16% RCC	-32,66667	22,43262	,503	-104,5038	39,1705
14% RCC	PATRÓN	24,00000	22,43262	,716	-47,8371	95,8371
	12% RCC	-2,33333	22,43262	1,000	-74,1705	69,5038
	16% RCC	-35,00000	22,43262	,450	-106,8371	36,8371
16% RCC	PATRÓN	59,00000	22,43262	,112	-12,8371	130,8371
	12% RCC	32,66667	22,43262	,503	-39,1705	104,5038
	14% RCC	35,00000	22,43262	,450	-36,8371	106,8371

Finalmente, se observa en la Tabla 24 que no existe una distinción considerable entre ninguna de las medias de los diseños al registrarse significancias considerablemente mayores a 0.05.

10.1.4. Determinar de qué manera la sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados impacta en la porosidad del concreto

10.1.4.1. Resultados de los ensayos de porosidad

La presente tabla expone los resultados en la propiedad de porosidad correspondientes al concreto patrón y al concreto con reemplazo del cemento por residuos cerámicos calcinados en proporciones del 12%, 14% y 16%.

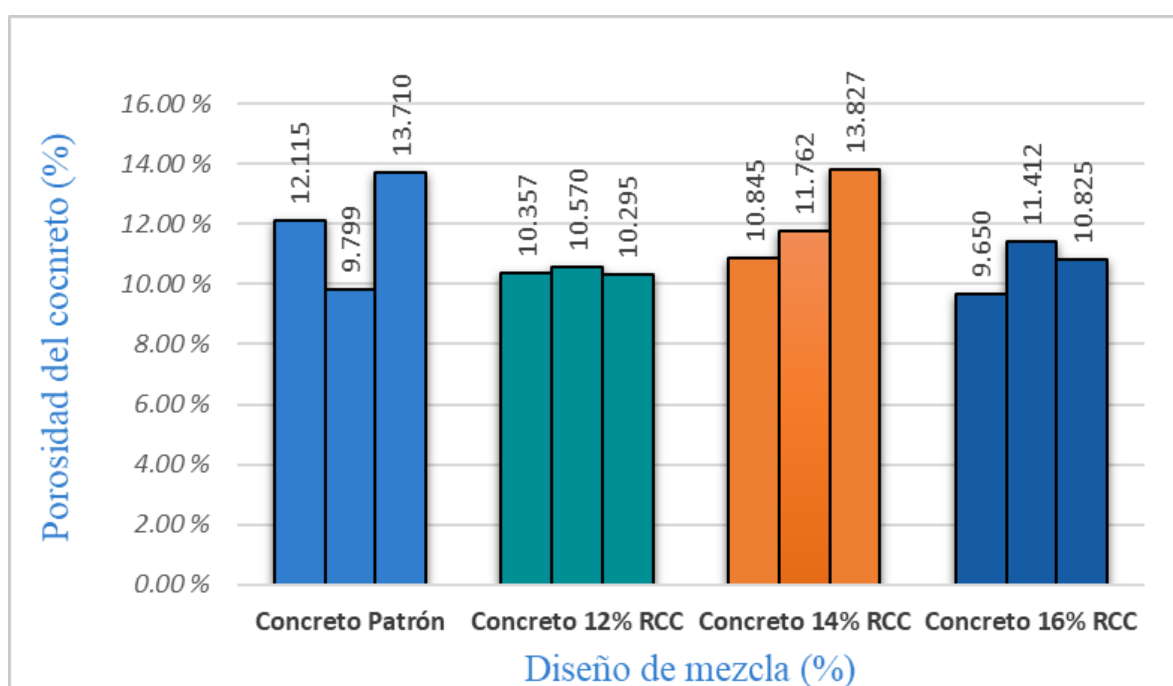
Tabla 25.

Porosidad del concreto patrón y concreto con sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados

Identificación de la Muestra	M-01	M-02	M-03
Concreto Muestra Patrón	12.115	9.799	13.710
Concreto 12% RCC	10.357	10.570	10.295
Concreto 14% RCC	10.845	11.762	13.827
Concreto 16% RCC	9.650	11.412	10.825

Figura 11.

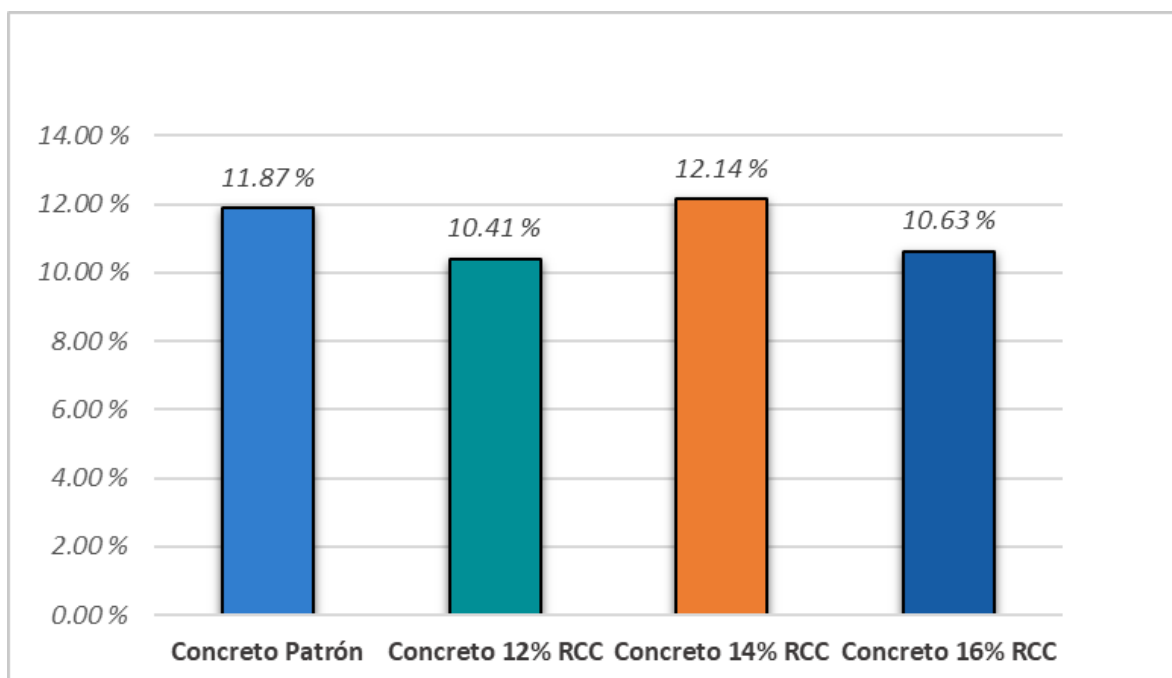
Comparación de la porosidad del concreto patrón y concreto con sustitución



Como resultado, los valores obtenidos para el concreto patrón muestran una porosidad promedio del 11.87%. En contraste, las muestras con sustitución de cerámica al 12%, 14% y 16% presentaron valores promedio de 10.41%, 12.14% y 10.63%, respectivamente. Así mismo, se afirma que el diseño con 14% de reemplazo con residuos cerámicos alcanza el mayor porcentaje de vacíos.

Figura 12.

Comparación de la porosidad promedio del concreto patrón y concreto con sustitución



10.1.4.2. Análisis estadístico descriptivo de los resultados de porosidad

La Tabla 26 detalla el análisis estadístico descriptivo de los valores obtenidos para la propiedad de porosidad.

Tabla 26.

Análisis estadístico descriptivo de la propiedad de porosidad

MUESTRA	POROSIDAD			M	Me	Ds	Var	As
	M1	M2	M3					
Patrón	12.115	9.799	13.710	11.87	12.12	1.97	3.87	-0.22
12%	10.357	10.570	10.295	10.41	10.36	0.14	0.02	0.56
14%	10.845	11.762	13.827	12.14	11.76	1.53	2.33	0.43
16%	9.650	11.412	10.825	10.63	10.83	0.90	0.80	-0.38

10.1.4.3. Análisis estadístico avanzado de los resultados de porosidad

Prueba de normalidad

En este análisis, se llevaron a cabo ensayos en 12 muestras, distribuidas según los porcentajes de reemplazo del 0%, 12%, 14% y 16%. Como resultado, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk.

Ho = Existe normalidad entre los diseños de acuerdo con la porosidad

H1 = No existe normalidad entre los diseños de acuerdo con la porosidad

Nivel de significancia: Si Sig. < 0,05 la Ho se rechaza, si Sig. > 0,05 la Ho no se rechaza.

Tabla 27.

Prueba de normalidad para la propiedad de porosidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Residuo para Porosidad	,166	12	,200 [*]	,964	12	,835

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

a. Corrección de significación de Lilliefors

En la presente tabla, el análisis expone un valor en la significancia de $0.835 > 0.05$, por consiguiente, los datos registrados de porosidad siguen una distribución normal.

Prueba de homocedasticidad

Del mismo modo, se evaluó si existe homocedasticidad de varianzas mediante la prueba de Levene:

Ho = Existe homocedasticidad entre los diseños de acuerdo con la porosidad

H1 = No existe homocedasticidad entre los diseños de acuerdo con la porosidad

Nivel de significancia: Si Sig. < 0,05 la Ho se rechaza, si Sig. > 0,05 la Ho no se rechaza.

Tabla 28.

Prueba de homocedasticidad para la propiedad de porosidad

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^{a,b}

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Porosidad	Se basa en la media	2,343	3	8	,149
	Se basa en la mediana	1,166	3	8	,381
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,166	3	4,954	,410
	Se basa en la media recortada	2,255	3	8	,159

Prueba la hipótesis nula de que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

a. Variable dependiente: Porosidad

b. Diseño : Intersección + Porcentajes

De acuerdo a la Tabla 28, se muestra una significancia en la prueba de homocedasticidad de $0.149 > 0.05$; en consecuencia, se afirma que existe homocedasticidad en los datos y se continúa con el Análisis de Varianza.

Análisis de Varianza - ANOVA

En el análisis de ANOVA se tiene:

Ho = Las medias no son diferentes entre sí de la porosidad obtenida

H1 = Al menos una de las medias de los diseños es diferente al de los demás de la porosidad obtenida

Nivel de significancia: Si Sig. < 0,05 la Ho se rechaza, si Sig. > 0,05 la Ho no se rechaza.

Tabla 29.

Análisis de varianza - ANOVA para la propiedad de porosidad

ANOVA

Porosidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	6,857	3	2,286	1,301	,339
Dentro de grupos	14,052	8	1,756		
Total	20,909	11			

Según lo expuesto en la presente tabla, la significancia resultante fue de $0.339 > 0.05$; como resultante, las medias no son diferentes entre sí y se acepta la hipótesis nula: La sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados **no impacta de manera considerable** la porosidad del concreto.

Prueba Post Hoc - Tukey

Se analiza y compara las diferencias entre los grupos de datos obtenidos para el porcentaje de vacíos:

Tabla 30.

Post Hoc - Tukey para la propiedad de porosidad

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Porosidad						
HSD Tukey						
(I) Porcentajes	(J) Porcentajes	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
PATRÓN	12% RCC	1,467333	1,082126	,557	-1,99802	4,93268
	14% RCC	-,270000	1,082126	,994	-3,73535	3,19535
	16% RCC	1,245667	1,082126	,671	-2,21968	4,71102
12% RCC	PATRÓN	-1,467333	1,082126	,557	-4,93268	1,99802
	14% RCC	-1,737333	1,082126	,427	-5,20268	1,72802
	16% RCC	-,221667	1,082126	,997	-3,68702	3,24368
14% RCC	PATRÓN	,270000	1,082126	,994	-3,19535	3,73535
	12% RCC	1,737333	1,082126	,427	-1,72802	5,20268
	16% RCC	1,515667	1,082126	,533	-1,94968	4,98102
16% RCC	PATRÓN	-1,245667	1,082126	,671	-4,71102	2,21968
	12% RCC	,221667	1,082126	,997	-3,24368	3,68702
	14% RCC	-1,515667	1,082126	,533	-4,98102	1,94968

Finalmente, mediante la Tabla 30 se afirma que no se presencia un impacto considerable entre las medias de los diseños al observar valores de significancia mayores a 0.05.

10.1.5. Determinar cómo la sustitución del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados altera la resistencia a la compresión del concreto

Se evaluó la variación en los ensayos de compresión de la muestra patrón y las muestras diseñadas con reemplazo de 12, 14 y 16% del peso del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados; registrados a los 7, 14 y 28 días.

10.1.5.1. Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión a los 7 días

Tabla 31.

Resistencia a la compresión del concreto patrón y concreto con sustitución a los 7 días

N° de Probeta	Días	Fecha de ensayo	Carga Máxima (KN)	Tipo Fractura	F'c (kg/cm ²)
<i>PATRÓN/M-01</i>	7	20/11/24	166.20	3	208.970
<i>PATRÓN/M-02</i>	7	20/11/24	196.44	3	246.990
<i>PATRÓN/M-03</i>	7	20/11/24	201.89	3	253.850
<i>12%RCC/M-01</i>	7	14/12/24	205.6	2	256.990
<i>12%RCC/M-02</i>	7	14/12/24	185.24	3	231.090
<i>12%RCC/M-03</i>	7	14/12/24	190.08	2	239.470
<i>14%RCC/M-01</i>	7	14/12/24	174.72	6	221.860
<i>14%RCC/M-02</i>	7	14/12/24	187.71	2	234.170
<i>14%RCC/M-03</i>	7	14/12/24	198.05	3	249.510
<i>16%RCC/M-01</i>	7	14/12/24	143.05	3	178.460
<i>16%RCC/M-02</i>	7	14/12/24	159.53	3	199.010
<i>16%RCC/M-03</i>	7	14/12/24	135.85	2	169.470

Según la Tabla 31, el concreto patrón a los 7 días alcanzó un valor promedio en la resistencia a la compresión de 236.60 kg/cm². Del mismo modo, la muestra con sustitución parcial del 12% del cemento registró una resistencia promedio de 242.52 kg/cm², con 14% de reemplazo logró una resistencia promedio de 235.18 kg/cm² y finalmente la sustitución al 16% dio como resultado un valor promedio de 182.31 kg/cm².

Figura 13.

Comparación de la resistencia a la compresión del concreto patrón y concreto con sustitución a los 7 días

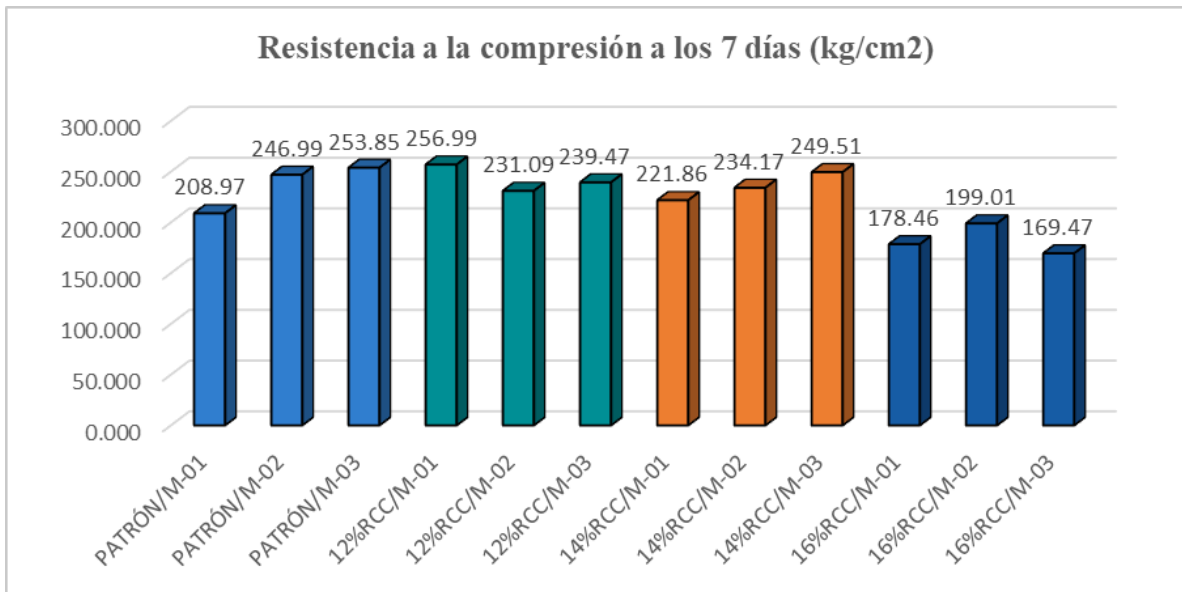
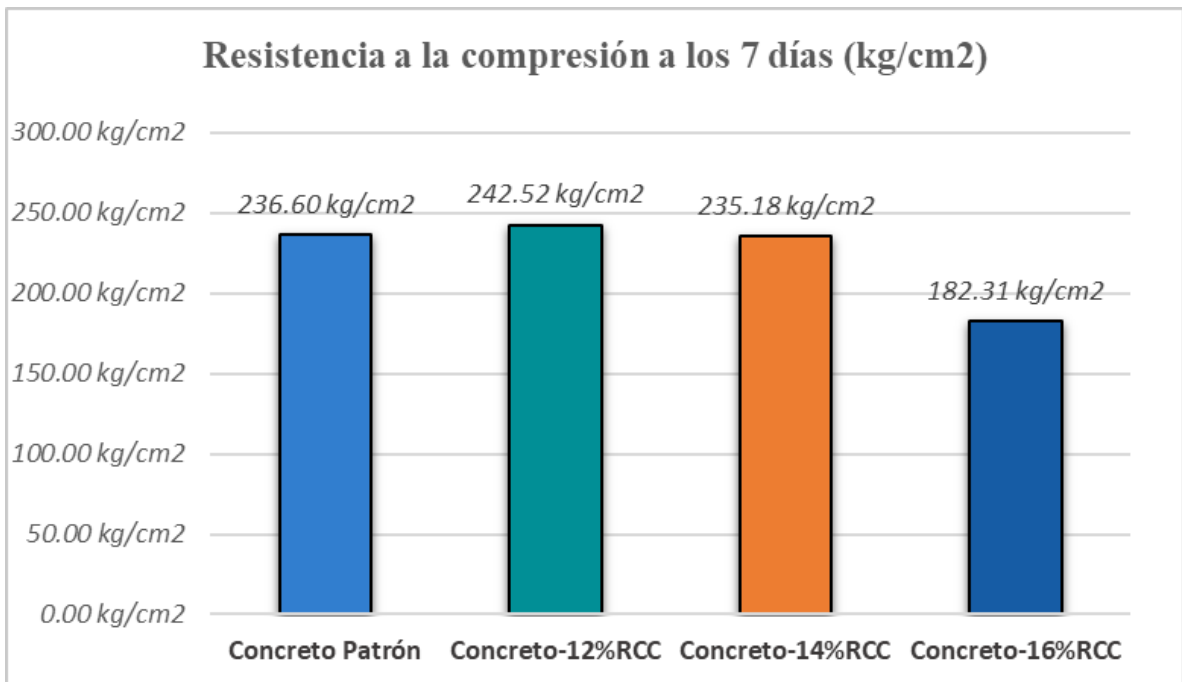


Figura 14.

Comparación de la resistencia a la compresión promedio del concreto patrón y concreto con sustitución a los 7 días



En este sentido, el concreto con sustitución parcial del cemento al 12% con residuos cerámicos calcinados obtuvo el mayor valor en la resistencia, llegando a mejorar al concreto patrón en un 2.5%. Algo semejante ocurre con el diseño al 14% que, si bien no mejora la resistencia, alcanza un valor más cercano en un 99.40% a la muestra patrón.

10.1.5.2. Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión a los 14 días

Tabla 32.

Resistencia a la compresión del concreto patrón y concreto con sustitución a los 14 días

N° de Probeta	Días	Fecha de ensayo	Carga Máxima (KN)	Tipo Fractura	F'c (kg/cm ²)
<i>PATRÓN/M-04</i>	14	27/11/24	233.18	5	293.190
<i>PATRÓN/M-05</i>	14	27/11/24	222.75	2	280.170
<i>PATRÓN/M-06</i>	14	27/11/24	222.03	3	279.170
<i>12%RCC/M-04</i>	14	21/12/24	220.61	3	277.380
<i>12%RCC/M-05</i>	14	21/12/24	207.45	3	260.840
<i>12%RCC/M-06</i>	14	21/12/24	204.03	6	256.540
<i>14%RCC/M-04</i>	14	21/12/24	215.65	3	271.150
<i>14%RCC/M-05</i>	14	21/12/24	211.35	3	265.740
<i>14%RCC/M-06</i>	14	21/12/24	214.54	3	269.750
<i>16%RCC/M-04</i>	14	21/12/24	171.7	3	215.890
<i>16%RCC/M-05</i>	14	21/12/24	153.15	3	192.560
<i>16%RCC/M-06</i>	14	21/12/24	155.86	3	195.970

De acuerdo con la Tabla 32, el concreto patrón registró en el ensayo a compresión una resistencia promedio de 284.18 kg/cm² a los 14 días. Por otro lado, los especímenes con un reemplazo parcial del 12% del cemento alcanzó un valor promedio de 264.92 kg/cm²; así mismo, con un 14% de sustitución se obtuvo una resistencia promedio de 268.88 kg/cm². Finalmente, al sustituir el 16% del cemento, la resistencia promedio registrada obtuvo un valor de 201.47 kg/cm².

Figura 15.

Comparación de la resistencia a la compresión del concreto patrón y concreto con sustitución a los 14 días

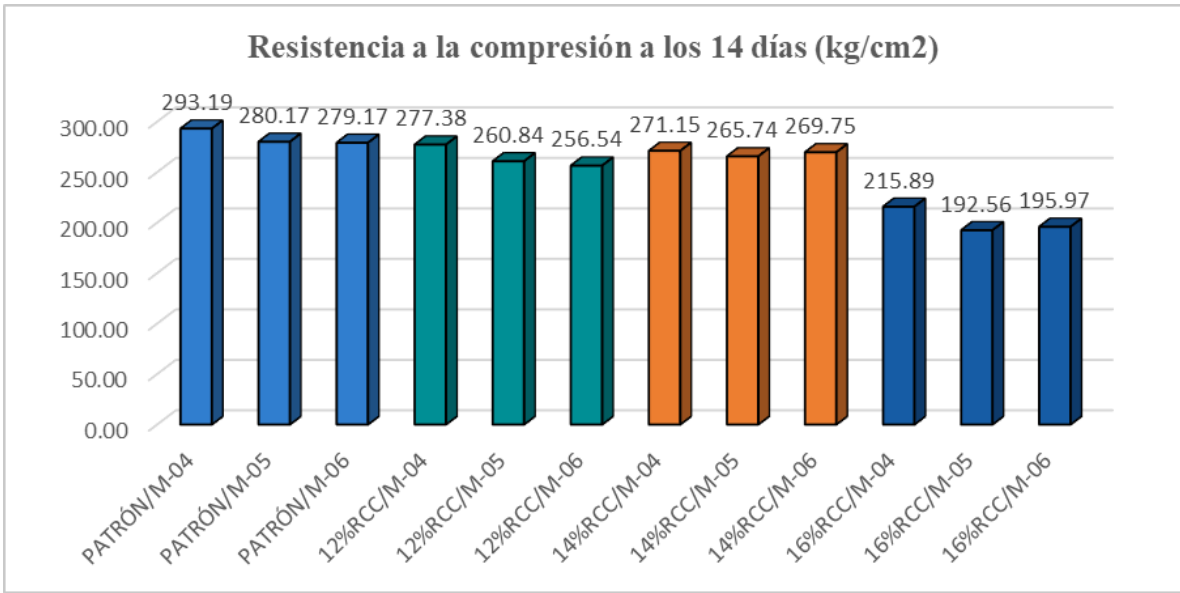
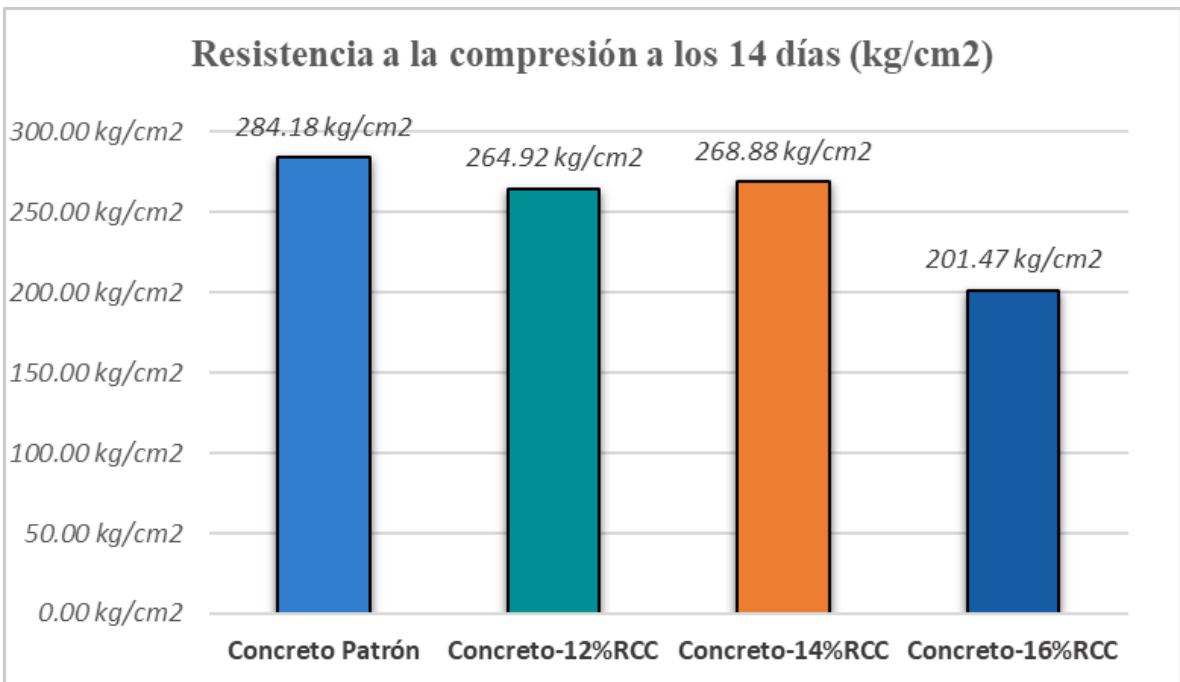


Figura 16.

Comparación de la resistencia a la compresión promedio del concreto patrón y concreto con sustitución a los 14 días



En este contexto, el concreto patrón mantuvo el mayor resultado en los ensayos de compresión a los 14 días. En contraste, la mezcla con un 12%, 14% y 16% de sustitución alcanzaron respectivamente un 93.22%, 94.62% y 70.90% de la muestra patrón, siendo el valor más favorable el reemplazo al 14%.

10.1.5.3. Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión a los 28 días

Tabla 33.

Resistencia a la compresión del concreto patrón y concreto con sustitución a los 28 días

N° de Probeta	Días	Fecha de ensayo	Carga Máxima (KN)	Tipo Fractura	F'c (kg/cm ²)
<i>PATRÓN/M-07</i>	28	11/12/24	241.31	3	303.410
<i>PATRÓN/M-08</i>	28	11/12/24	220.6	3	277.370
<i>PATRÓN/M-09</i>	28	11/12/24	227.44	5	285.970
<i>12%RCC/M-07</i>	28	04/01/25	221.12	3	278.020
<i>12%RCC/M-08</i>	28	04/01/25	213.43	2	268.350
<i>12%RCC/M-09</i>	28	04/01/25	227.35	2	285.860
<i>14%RCC/M-07</i>	28	04/01/25	227.26	2	285.740
<i>14%RCC/M-08</i>	28	04/01/25	231.22	3	290.720
<i>14%RCC/M-09</i>	28	04/01/25	233.77	2	293.930
<i>16%RCC/M-07</i>	28	04/01/25	150.49	3	189.220
<i>16%RCC/M-08</i>	28	04/01/25	171.25	3	215.320
<i>16%RCC/M-09</i>	28	04/01/25	166.65	2	209.540

De acuerdo con la Tabla 33, el concreto de referencia alcanzó a los 28 días una resistencia a la compresión promedio de 288.92 kg/cm². Por su parte, el concreto con un reemplazo parcial del 12% de cemento resultó en una resistencia media de 277.41 kg/cm². Con un 14% de sustitución, se logró una resistencia promedio de 290.13 kg/cm², mientras que al reemplazar el 16%, el valor promedio registrado fue de 204.69 kg/cm².

Figura 17.

Comparación de la resistencia a la compresión del concreto patrón y concreto con sustitución a los 28 días

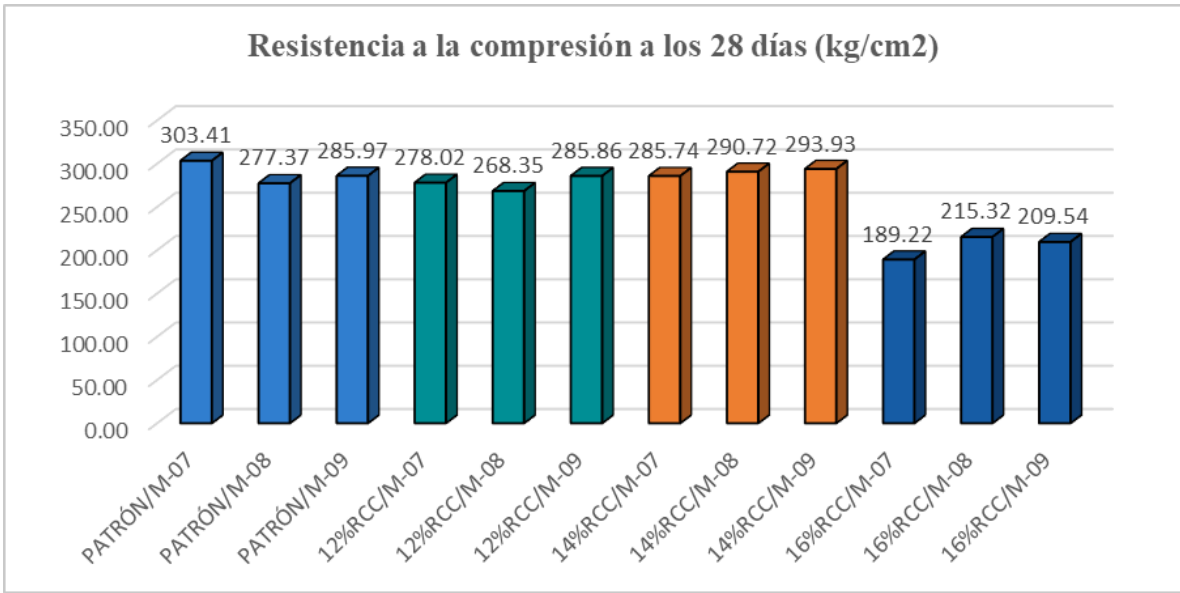
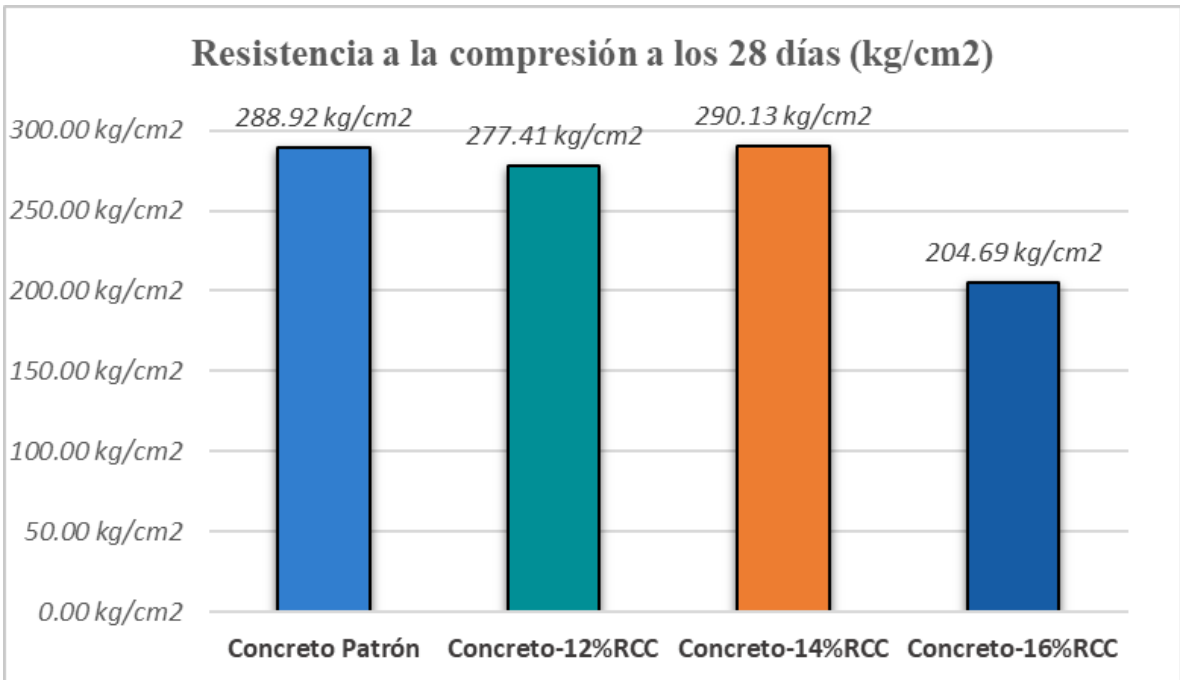


Figura 18.

Comparación de la resistencia a la compresión promedio del concreto patrón y concreto con sustitución a los 28 días



De esta forma, el concreto con 14% de sustitución del cemento por residuos cerámicos calcinados alcanzó la resistencia más alta y el valor más cercano al 100.40% del concreto base. De manera similar, el diseño con un 12% de sustitución presenta un valor muy próximo al de la muestra patrón, con un 96.02% de equivalencia.

10.1.5.4. Análisis estadístico descriptivo de los resultados de resistencia a la compresión

El análisis estadístico comienza con una evaluación descriptiva de los datos recopilados en los ensayos de trabajabilidad. A través de las siguientes tablas, se presentan las medidas estadísticas utilizadas para caracterizar los resultados relacionados con los ensayos a compresión.

Tabla 34.

Análisis estadístico descriptivo de la propiedad de resistencia a la compresión a los 7 días

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - 7 DÍAS				M	Me	Ds	Var	As
MUESTRA	M1	M2	M3					
Patrón	208.97	246.99	253.85	236.60	246.99	24.18	584.47	-0.64
12%	256.99	231.09	239.47	242.52	239.47	13.22	174.66	0.40
14%	221.86	234.17	249.51	235.18	234.17	13.85	191.90	0.13
16%	178.46	199.01	169.47	182.31	178.46	15.14	229.29	0.44

Tabla 35.

Análisis estadístico descriptivo de la propiedad de resistencia a la compresión a los 14 días

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - 14 DÍAS				M	Me	Ds	Var	As
MUESTRA	M4	M5	M6					
Patrón	293.19	280.07	279.17	284.14	280.07	7.85	61.58	0.70
12%	277.38	260.84	256.54	264.92	260.84	11.00	121.06	0.59
14%	271.15	265.74	269.75	268.88	269.75	2.81	7.88	-0.51
16%	215.89	192.56	195.97	201.47	195.97	12.60	158.79	0.65

Tabla 36.

Análisis estadístico descriptivo de la propiedad de resistencia a la compresión a los 28 días

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - 28 DÍAS				M	Me	Ds	Var	As
MUESTRA	M7	M8	M9					
Patrón	303.42	277.381	285.97	288.92	285.97	13.27	176.05	0.39
12%	278.02	268.35	285.86	277.41	278.02	8.77	76.93	-0.13
14%	285.74	290.72	293.93	290.13	290.72	4.13	17.03	-0.26
16%	189.22	215.32	209.54	204.69	209.54	13.71	187.92	-0.57

10.1.5.5. Análisis estadístico avanzado de los resultados de resistencia a la compresión

Prueba de normalidad

En la presente investigación, se evaluó la resistencia en un total de 36 muestras, distribuidas en grupos de 3 para cada proporción de reemplazo (0%, 12%, 14% y 16% con residuos cerámicos) y en periodos de tiempo de 7, 14 y 28 días. El análisis se realizó de los 12 especímenes ensayados a los 28 días; por lo tanto, se empleó la prueba de Shapiro-Wilk para menos de 50 datos.

Ho = Existe normalidad entre los diseños de acuerdo con su resistencia ensayada a los 28 días

H1 = No existe normalidad entre los diseños de acuerdo con su resistencia ensayada a los 28 días

Nivel de significancia: Si Sig. < 0,05 la Ho se rechaza, si Sig. > 0,05 la Ho no se rechaza.

Tabla 37.*Prueba de normalidad para la propiedad de resistencia a la compresión a los 28 días*

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Residuo para RC	,109	12	,200 [*]	,981	12	,988

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

a. Corrección de significación de Lilliefors

De acuerdo a lo expuesto en la Tabla 37, la significancia obtenida fue de $0.988 > 0.05$. Por consiguiente, la hipótesis nula es aceptada afirmando que los datos de resistencia siguen una distribución normal.

Prueba de homocedasticidad

Entonces, verificamos la existencia de homocedasticidad de varianzas con la prueba de Levene y se tiene lo siguiente:

Ho = Existe homocedasticidad entre los diseños de acuerdo con su resistencia ensayada a los 28 días

H1 = No existe homocedasticidad entre los diseños de acuerdo con su resistencia ensayada a los 28 días

Nivel de significancia: Si Sig. $< 0,05$ la Ho se rechaza, si Sig. $> 0,05$ la Ho no se rechaza.

Tabla 38.*Prueba de homocedasticidad para la resistencia a la compresión a los 28 días*

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error ^{a,b}					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
RC	Se basa en la media	1,560	3	8	,273
	Se basa en la mediana	,444	3	8	,728
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,444	3	5,148	,732
	Se basa en la media recortada	1,453	3	8	,298

Prueba la hipótesis nula de que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

a. Variable dependiente: RC

b. Diseño : Intersección + Porcentajes

La prueba de homocedasticidad basada en la media descrita en la Tabla 38 presenta una significancia de $0.273 > 0.05$; a causa de esto, se comprueba la presencia de homocedasticidad y se procede al Análisis de Varianza - ANOVA.

Análisis de Varianza - ANOVA

En el análisis de ANOVA se presentan las siguientes hipótesis:

H_0 = No hay diferencia significativa en las resistencias medias de los diseños ensayados a los 28 días

H_1 = Al menos una de las medias de los diseños es diferente al de los demás de la resistencia a la compresión obtenida a los 28 días.

Nivel de significancia: Si Sig. $< 0,05$ la H_0 se rechaza, si Sig. $> 0,05$ la H_0 no se rechaza.

Tabla 39.

Análisis de varianza - ANOVA para la propiedad de resistencia a la compresión

ANOVA					
RC	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	14982,286	3	4994,095	43,625	,000
Dentro de grupos	915,824	8	114,478		
Total	15898,110	11			

En relación con el análisis de varianzas de la Tabla 39, se registró un valor en la significancia menor a 0.001 que confirma la hipótesis alterna de que al menos una de las medias es diferente De esta modo, la sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados **altera significativamente** la resistencia a la compresión del concreto.

Prueba Post Hoc - Tukey

Se analiza y compara las diferencias entre los grupos de muestras ensayados para la resistencia a la compresión:

Tabla 40.*Post Hoc - Tukey para la propiedad de resistencia a la compresión***Comparaciones múltiples**

Variable dependiente: RC

HSD Tukey

(I) Porcentajes	(J) Porcentajes	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
PATRÓN	12% RCC	11,50667	8,73605	,5782	-16,4693	39,4826
	14% RCC	-1,21333	8,73605	,9990	-29,1893	26,7626
	16% RCC	84,22333*	8,73605	,0001	56,2474	112,1993
12% RCC	PATRÓN	-11,50667	8,73605	,5782	-39,4826	16,4693
	14% RCC	-12,72000	8,73605	,5030	-40,6959	15,2559
	16% RCC	72,71667*	8,73605	,0002	44,7407	100,6926
14% RCC	PATRÓN	1,21333	8,73605	,9990	-26,7626	29,1893
	12% RCC	12,72000	8,73605	,5030	-15,2559	40,6959
	16% RCC	85,43667*	8,73605	,0000	57,4607	113,4126
16% RCC	PATRÓN	-84,22333*	8,73605	,0001	-112,1993	-56,2474
	12% RCC	-72,71667*	8,73605	,0002	-100,6926	-44,7407
	14% RCC	-85,43667*	8,73605	,0000	-113,4126	-57,4607

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

Como resultado, la Tabla 40 muestra una significancia no superior a 0.001 y una diferencia significativa entre las medias de los porcentajes como la comparación del patrón, el diseño de 12% y 14% con el de 16% de reemplazo. En consecuencia, se verifica que el polvo de residuo cerámico calcinado altera significativamente la resistencia a la compresión del concreto.

Por otra parte, se encontró una significancia mayor a 0.05 entre el concreto patrón en contraste con el diseño con reemplazo al 12% (significancia de $0.578 > 0.05$) y 14% (significancia de $0.99 > 0.05$). Por ende, en estas diferencias de medias de diseños no se presencia una alteración significativa en la resistencia a la compresión.

10.1.6. Análisis comparativo de costo y material entre el empleo del concreto patrón y el concreto con polvo de residuos cerámicos calcinados

10.1.6.1. Cantidad de material entre el concreto patrón y concreto con sustitución según diseño de mezcla

En primer lugar, para realizar un análisis comparativo entre el costo-beneficio del uso de concreto convencional o con sustitución del material estudiado, fue necesario evaluar la cantidad de material empleado según el diseño.

Para el diseño de mezcla, las propiedades de los agregados fueron caracterizados provenientes de la cantera Río Seco, teniendo como resultados para el diseño:

Tabla 41.

Resumen de las Propiedades físicas de los agregados

Ensayos	A. Fino	A. Grueso
Módulo de finura / Tamaño máximo nominal	3.05	3/4"
Peso específico	2.71	2.57
Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m ³)	1616.39	1438.6
Peso Unitario Compactado Seco(Kg/m ³)	1733.89	1563.16
Humedad (%)	0.38	0.3
Absorción (%)	1.34	0.56

Se describió que los resultados para los agregados para la cantera “Río Seco” cumplen con la Norma Técnica Peruana 400.037 (Agregados para concretos. Requisitos). Con ello se validó módulo de finura del agregado fino se encuentre dentro del margen entre 2.3 y 3.1; así como el agregado grueso que cumple con los requerimientos granulométricos descritos en la norma.

En base a ello, se procedió con el diseño de mezcla para un concreto patrón de 210 kg/cm². Al no tener datos disponibles para regularizar una desviación estándar, se diseñó con un f'_{cr} de acuerdo a los criterios del ACI 211.

Tabla 42.*Cantidad de material por m3 de concreto*

Material	Cantidad (kg)	Cantidad (m3)
Cemento	372.7	0.118
Agregado Fino	801.9	0.296
Agregado Grueso	932.9	0.363
Agua	215.1	0.215

Tabla 43.*Cantidad de material por m3 de concreto con sustitución parcial del cemento*

Material	Cantidad de RCC		
	12%	14%	16%
Cemento (kg/m3)	327.98	320.52	313.07
Agregado Grueso (kg/m3)	932.90	932.90	932.90
Agregado Fino (kg/m3)	801.90	801.90	801.90
Agua (Lt/m3)	215.10	215.10	215.10

Para 12 probetas de concreto de 10x12 cm se tiene un volumen poco representativo para el análisis realizado y tomando en cuenta el desperdicio en la elaboración de muestras; por lo que, se tiene de referencia 20 probetas cilíndricas con un volumen de 0.031 m3.

Tabla 44.*Cantidad de material para el concreto con y sin reemplazo de cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados*

Material	Cantidad de materiales			
	Patrón	12%	14%	16%
Cemento (kg)	11.709	10.304	10.069	9.835
Agregado Grueso (kg)	29.308	29.308	29.308	29.308
Agregado Fino (kg)	25.192	25.192	25.192	25.192
Agua (Lt)	6.758	6.758	6.758	6.758

10.1.6.2. Comparación de costos para el concreto patrón y concreto con sustitución parcial del cemento

Para analizar la diferencia de costo entre elaborar un concreto convencional y un concreto con reemplazo parcial del cemento por RCC, se realizó un análisis de costo unitario para 1 m³ de concreto para columnas. En dicho análisis, se tomó en cuenta la dosificación descrita en la tabla 41 y 42; además, para los precios unitarios de los materiales se plantearon en base a los precios de la zona estudiada y del suplemento técnico Enero 2025.

En relación con el porcentaje a analizar, se empleó la dosificación con 14% de reemplazo al ser el concreto con una resistencia promedio óptima y comparable con la muestra estándar.

Tabla 45.

Análisis de precio unitario para concreto patrón en columnas estructurales de 210 kg/cm²

COLUMNAS ESTRUCTURALES, CONCRETO F'c = 210						
02.03.07.36		kg/cm²				
Rendimiento	10	m³/DIA				
Unidad	m ³					Costo unitario directo por : m³ 586.43
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
CAPATAZ	hh	0.2	0.16	34.06	5.45	
OPERARIO	hh	2	1.6	28.38	45.41	
OFICIAL	hh	2	1.6	22.32	35.71	
PEON	hh	10	8	20.21	161.68	
OPERADOR DE EQUIPO	hh	3	2.4	29.25	70.2	
					318.44	
Materiales						
PIEDRA CHANCADA 1/2" - 3/4"	m ³		0.363	67.8	24.61	
ARENA GRUESA	m ³		0.296	61.02	18.06	
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		8.8	24.24	213.31	
					255.99	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3	318.44	9.55	
MEZCLADORA DE CONCRETO TROMPO 8 HP 9-11 P3	hm	1	0.8	25	20	
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.5"	hm	1	0.8	15	12	
WINCHA ELÉCTRICA	hm	1	0.8	20	16	
					57.55	

Tabla 46.

Análisis de precio unitario para concreto con 14% de sustitución parcial por RCC en columnas estructurales de 210 kg/cm²

02.03.07.36		COLUMNAS ESTRUCTURALES, CONCRETO F'c = 210 kg/cm² 12% REEMPLAZO DEL CEMENTO POR RCC				
Rendimiento	10	m3/DIA				
Unidad	m3				Costo unitario directo por : m3	557.29
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
CAPATAZ	hh	0.2	0.16	34.06	5.45	
OPERARIO	hh	2	1.6	28.38	45.41	
OFICIAL	hh	2	1.6	22.32	35.71	
PEON	hh	10	8	20.21	161.68	
OPERADOR DE EQUIPO	hh	3	2.4	29.25	70.2	
					318.44	
Materiales						
PIEDRA CHANCADA 1/2" - 3/4"	m3		0.363	67.8	24.61	
ARENA GRUESA	m3		0.296	61.02	18.06	
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		7.568	24.24	183.45	
POLVO DE RESIDUO CERÁMICO	kg		1.23	0.58	0.72	
					226.84	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3	318.44	9.55	
MEZCLADORA DE CONCRETO T.TROMPO 8 HP 9-11 P3	hm	1	0.8	25	20	
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.5"	hm	1	0.8	15	12	
WINCHA ELÉCTRICA	hm	1	0.8	20	16	
					57.55	

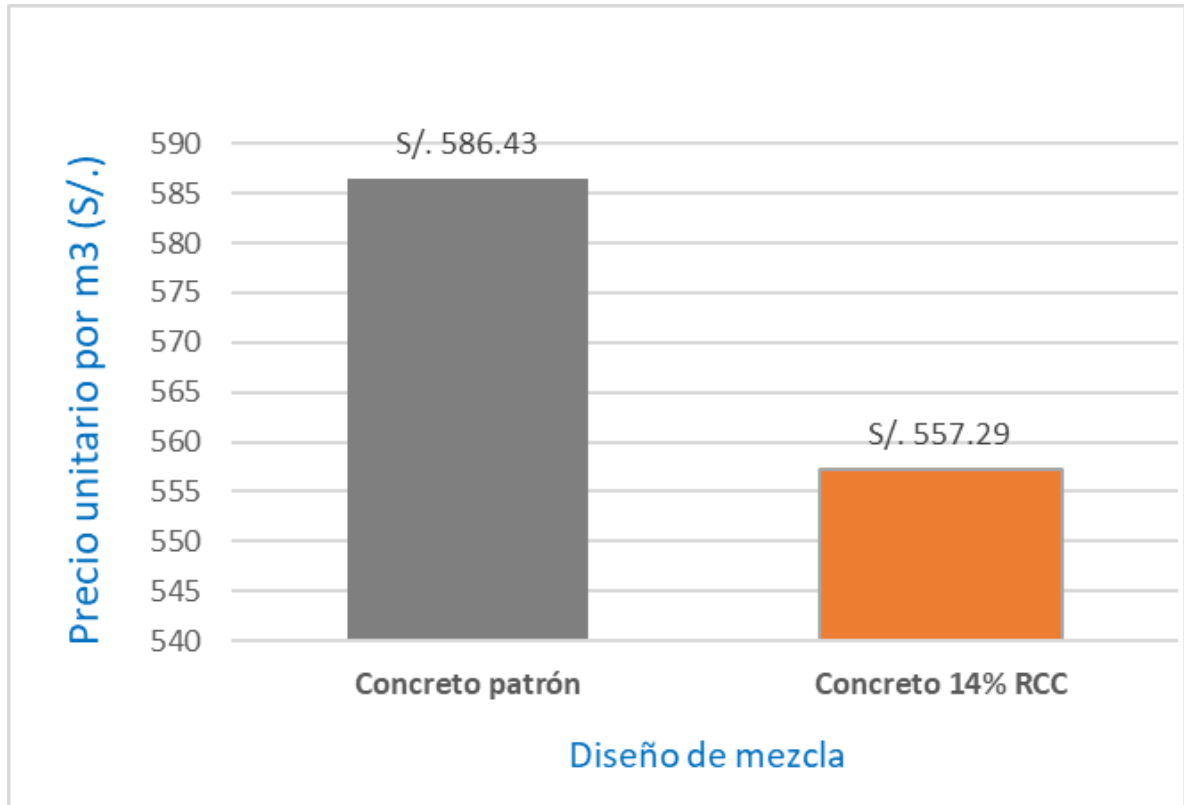
En base a las tablas, el costo de elaboración para el concreto convencional resultó ser mayor a comparación del concreto con reemplazo por cerámica, dándonos un precio unitario por m3 de S/.586.43 para el concreto patrón y un valor de S/.557.29 para la dosificación de 14%.

Así mismo, se concluyó que la mayor diferencia se percibe en el costo de los materiales con una diferencia de S/.29.15 para 1 m3 de concreto. Esto considerando que el proceso de elaboración, equipos y mano de obra es semejante entre los diseños; además que

se procuró que el procedimiento de obtención del cemento y el material de reemplazo siguiera el mismo patrón para no generar costos adicionales.

Figura 19.

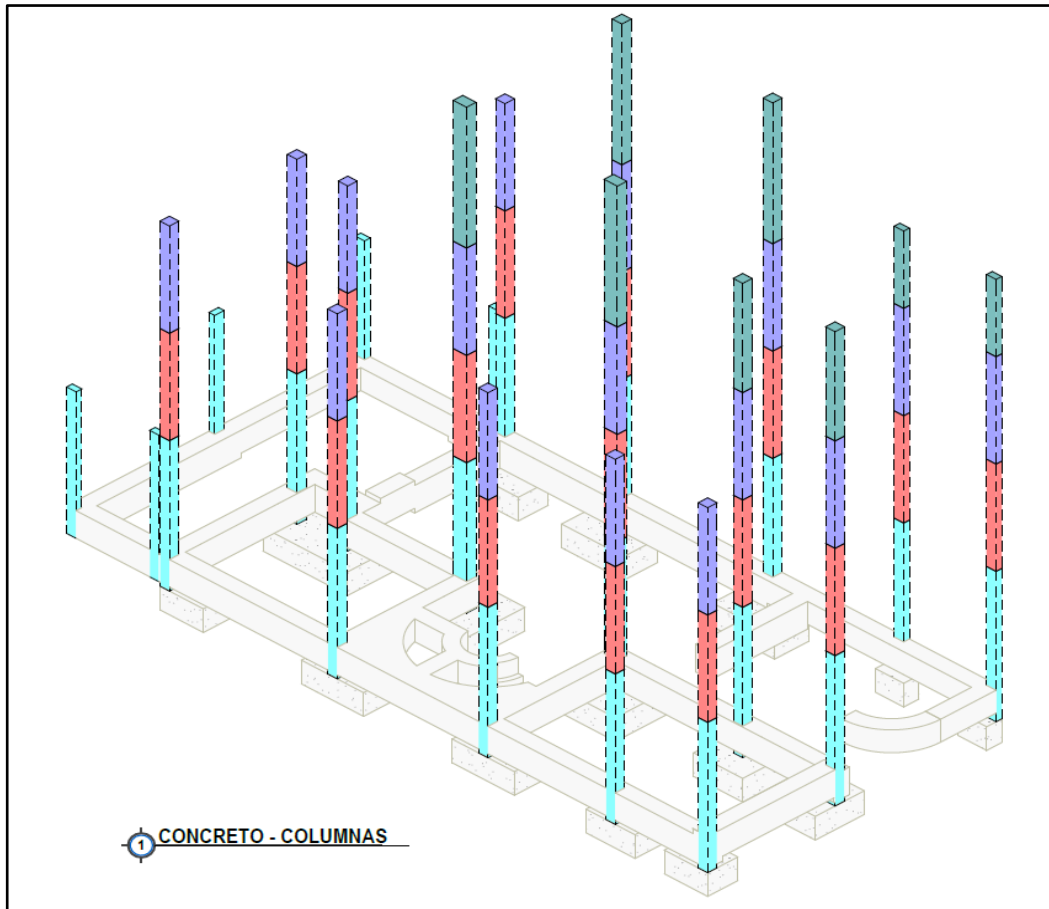
Comparación del precio unitario del concreto patrón y concreto con sustitución al 14% RCC



Por consiguiente, esta disminución del costo por m³ de concreto no sería significativa si solo se toma en cuenta este análisis general. De este modo, se planteó un mejor panorama de la influencia en la diferencia de costos entre el uso de ambos concretos al aplicarlo en proyectos.

Figura 20.

Columnas estructurales de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en una edificación estándar



Por ejemplo, en un caso hipotético donde se tiene una cantidad de metrado para columnas estructurales de un proyecto, se puede visualizar la variación notable que significó la disminución del precio unitario.

Tabla 47.

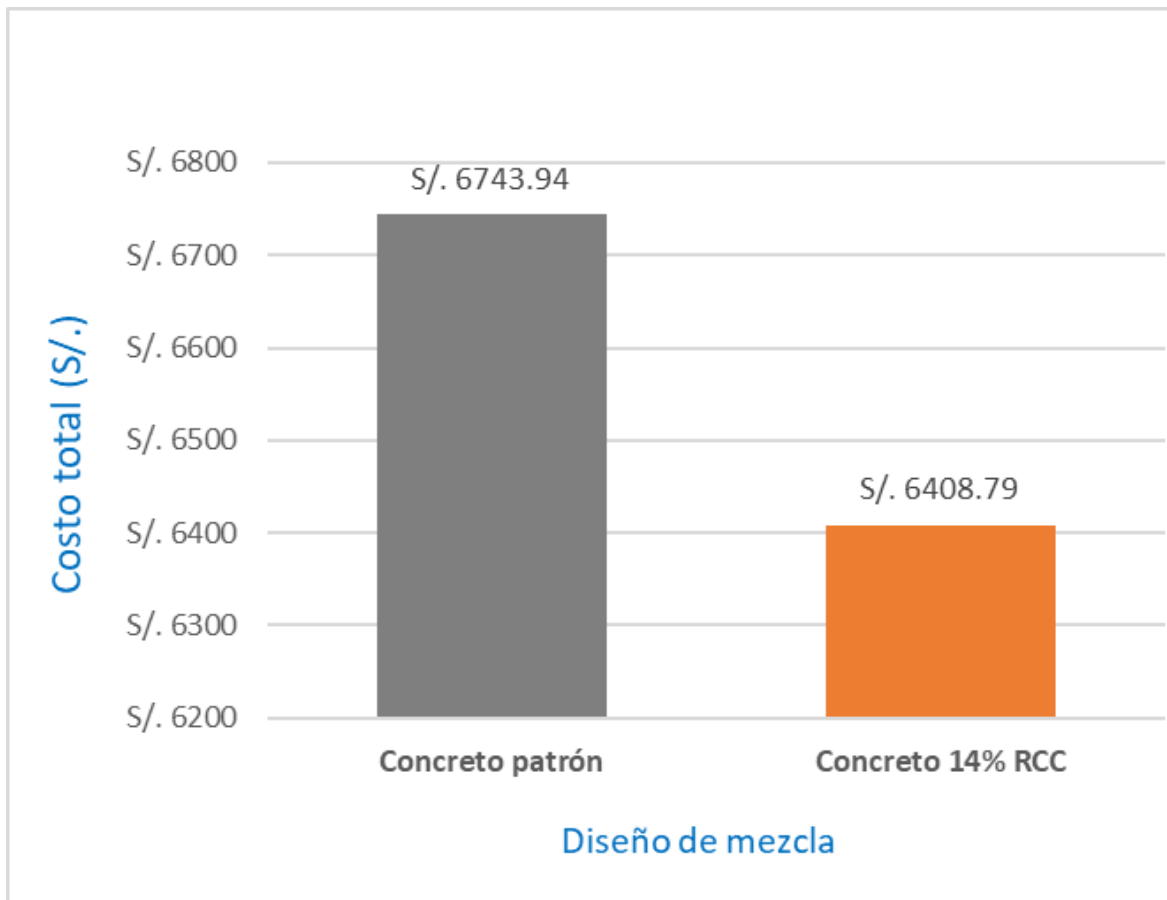
Precio del concreto patrón y concreto con sustitución al 14% RCC en columnas estructurales de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

N°	Metrado	Concreto patrón (S/.)	Concreto 14% RCC (S/.)
1° Nivel	4.50 m3	S/. 2638.93	S/. 2507.79
2° Nivel	2.72 m3	S/. 1595.09	S/. 1515.82
3° Nivel	2.72 m3	S/. 1595.09	S/. 1515.82
Azotea	1.56 m3	S/. 914.83	S/. 869.37
		S/. 6743.94	S/. 6408.79

Según la Tabla 46, se evidenció una disminución de S/.335.15 con el diseño con 14% RCC para el metrado total de las columnas estructurales. Por lo tanto, al tener esta variación de precios solo en un tipo de elemento estructural, se puede deducir que existirá un impacto considerable en el presupuesto final tomando en cuenta los demás elementos (vigas, losa, etc.)

Figura 21.

Comparación del precio del concreto patrón y concreto con sustitución al 14% RCC en columnas estructurales de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$



En cuanto a la comparación del costo del cemento con lo que significaría obtener el material suplementario (polvo de residuos cerámicos calcinados) se puede estimar lo siguiente:

- El costo promedio de una bolsa de cemento SOL Tipo I (42.5 kg) es de S/.30.90; por lo tanto, el precio por kg de cemento significaría un valor de S/.0.727.
- El costo de la trituración preliminar realizada de manera manual se estima de acuerdo al tiempo empleado en S/. 0.05 /kg.
- El costo promedio por emplear la Máquina de los Ángeles para el ensayo de abrasión es de S/.110.00. El equipo empleado fue para trituración y perteneciente a la universidad, por lo que se permitió realizar más ciclos de revolución (en total 15-20 ciclos con máximo 15 kg). Esto significaría un costo aproximado de S/.0.366 por kg.
- El costo estimado para la pulverización-calcinación del material en un horno de mayor capacidad sería de S/. 0.162 / kg.

Con dicha estimación se puede observar que el precio por kg de cemento (S/.0.727) sigue siendo mayor en un 25.78% en cuanto al costo que significaría el polvo de RCC. Considerando que los costos empleados fueron por fines académicos en laboratorio, el precio del material sustitutorio podría ser mucho menor empleando equipos mecánicos destinados a la trituración.

10.2. Discusión

El presente estudio obtuvo valores en la consistencia de 121.33, 129.33, 147 y 151.33 mm para las dosificaciones al 0%, 12%, 14% y 16% respectivamente, por lo que el concreto en estado fresco experimentó un incremento en su fluidez cuando el porcentaje de reemplazo del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados aumentaba.

Esta información coincide con lo estudiado por Song et al. (2021), en cuyo artículo describen registros de consistencia de 125, 200 y 210 mm para 0%, 10% y 20% de reemplazo por residuos cerámicos, observándose de esta manera un efecto de incremento en la trabajabilidad de la mezcla. Así mismo, esta información coincide en el estudio de Abou et al. (2023), donde concluyeron que existe mayor aumento de asentamiento de 185 mm a 200 mm entre la muestra patrón y el 20% de reemplazo de polvo cerámico. Esta concordancia evidencia que, en ambas investigaciones los porcentajes de 0 a 20% de sustitución describen un comportamiento similar a aumentar el valor en la consistencia del concreto.

Por otro lado, en la investigación de Elemam et al. (2023) se obtuvo que la consistencia para las sustituciones del 0%, 10%, 20% y 30% fueron disminuyendo de 210, 180, 160 y 130 mm, respectivamente. A partir de estos resultados, se observa que, a diferencia de los estudios previos, en el presente caso el concreto en estado fresco mostró una disminución en su fluidez conforme se incrementó el porcentaje. Esto sugiere que el comportamiento de la mezcla puede verse influenciado no solo por el porcentaje de sustitución, sino también por factores adicionales como la relación o la reactividad con el agua del material.

La investigación realizada expone que el concreto de referencia tiene una capacidad de absorción mínimamente superior en comparación con los diseños que incluyen reemplazo de 0%, 12%, 14% y 16% del cemento por cerámica. Estos resultados sugieren que la incorporación de residuos cerámicos no es significativa ni tampoco favorece el incremento en la capacidad de absorber agua del concreto.

En contraste con lo estudiado, en un estudio previo realizado por Li et al. (2024), se analizó el impacto de la sustitución del cemento en proporciones de 0%, 10% y 20% evidenciando un aumento ínfimo en la capacidad de absorción cuando se aumentaba el porcentaje de cerámica. Esta comparación se explica con que el reemplazo parcial del cemento por residuos cerámicos calcinados no genera un efecto uniforme ni considerable sobre la absorción de agua en rangos de porcentajes bajos, sino que puede variar según las condiciones del diseño de mezcla.

En este estudio, el concreto con 16% de reemplazo presentó el mayor aumento de densidad promedio del concreto patrón de 2502 kg/cm³ en un 2.35%, lo que sugiere que la sustitución de cemento por cerámica incide en esta propiedad al subir el porcentaje de sustitución,

En concordancia con nuestra investigación, Abbas et al. (2022) también reportó un aumento progresivo de densidad con hasta un 15% de reemplazo con residuos cerámicos, obteniendo con esta proporción el cambio más significativo en la densidad promedio del patrón de 2355 kg/cm³ a 2.455 g/cm³. Del mismo modo, Abou et al. (2023) parcialmente concuerda que con un reemplazo del cemento a partir del 10% de residuos cerámicos se observa un aumento en la densidad; sin embargo, se encontró valores menos consistentes con un 40% de sustitución. Este comportamiento podría explicarse con que el cerámico contribuye a una mayor compactación del concreto, pero a partir de cierto punto la inclusión de residuos cerámicos deja de aportar mejoras significativas en la densidad o incluso genera efectos adversos.

En la presente investigación, la porosidad promedio del concreto patrón fue del 11.87%, mientras que las muestras con 12% y 16% de reemplazo por residuos cerámicos calcinados presentaron valores inferiores. Sin embargo, la muestra con un 14% de reemplazo mostró el valor con mayor impacto en la porosidad (12.14%), reflejando que no se observa una tendencia clara o significativa del material.

Estos resultados no concuerdan con Nasr et al. (2023), en cuyo estudio con sustitución de 10%, 20% y 30% del cemento con residuos cerámicos muestran valores de porosidad más variables; de esta manera, la muestra con 30% de reemplazo presentó un incremento significativo de 21.73% a 13.70% en la porosidad del patrón. Esta diferencia sugiere que, a partir de cierto porcentaje, la inclusión de cerámica puede alterar la estructura de vacíos del concreto; no obstante, el efecto de este empleo no es uniforme por lo que en niveles moderados de sustitución podría contribuir a una menor porosidad mientras en niveles altos podrían generar un aumento en los vacíos.

Este estudio obtuvo que el concreto de referencia registró una resistencia a la compresión de 288.92 kg/cm² con 28 días de curado. En cuanto a las mezclas con reemplazo parcial de cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados, la sustitución del 12% y 14% resultó en una resistencia media de 277.41 kg/cm² y 290.13 kg/cm² respectivamente. En cambio, al incrementar la sustitución al 16%, la resistencia se redujo considerablemente a un promedio de 204.69 kg/cm².

En concordancia con lo estudiado, Li et al. (2024) concluyen en su estudio que un nivel de sustitución viable al emplear residuos cerámicos radica antes del 20% del cemento, ya que en este rango se observaron variaciones de 412.98 kg/cm² para el patrón a 443.58 kg/cm² para 10% de reemplazo; mientras que al acercarse al 20% la resistencia disminuyó a 397.69 kg/cm². Los resultados de Taher et al. (2023) también coinciden, en cuyo artículo reportan que un reemplazo cercano al 20% con cerámica reciclada tiene un desempeño menos efectivo en la resistencia a 28 días en comparación con una sustitución del 10%.

Por otro lado, la investigación de Al-Fakih et al. (2023) concuerda que con 10% de reemplazo del cemento por residuos cerámicos se puede observar un efecto favorable a los 28 días; sin embargo, no coincide que el concreto con 15% de sustitución logró una resistencia de 329.06 kg/cm² superiores al patrón de 296.74 kg/cm² y con 20% la resistencia disminuyó a 309.79 kg/cm², aun superando al estándar. Los antecedentes y las similitudes encontradas con la presente investigación, evidencian que esta concordancia de resistencia con 10% de reemplazo se debe a que la cerámica mantiene un comportamiento regular en el concreto en este rango; en contraste, la resistencia empieza a verse influenciado por otros factores a medida que se acerca al 16%-20%.

Los resultados de esta investigación indican que el contenido óptimo de sustitución de cemento por residuos cerámicos para compresión es del 12 al 14%, ya que estos diseños alcanzaron satisfactoriamente la resistencia al concreto base con un 100.40% y 96.02% de la resistencia, mientras que la sustitución al 16% apenas logró un 70.84% de resistencia del concreto patrón.

Los valores obtenidos coinciden con lo estudiado por Abou et al. (2023), quienes encontraron que el empleo desde el 10% de cerámica calcinada restauró eficientemente las propiedades de la mezcla patrón con una resistencia de 350.78 kg/cm² a 328.35 kg/cm², pero que al 40% disminuyen notablemente. Así mismo, Vieira y Chicaiza (2018) también concuerdan en una de sus investigaciones entre reemplazos del 3%, 5%, 7%, 10% y 15 %, donde los autores coinciden que la incorporación a partir del 10% de cerámica triturada obtuvo una resistencia similar con respecto a la muestra de referencia. Estos datos explican una concordancia de que el reemplazo parcial del cemento con residuos cerámicos calcinados puede ser beneficioso en proporciones que no comprometan la resistencia del material.

XI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

11.1 Conclusiones

11.1.1. Conclusión general

- Con respecto a la hipótesis general, en esta investigación se demostró que la sustitución del cemento por polvo de residuo cerámico calcinado influye favorablemente en algunas propiedades físico-mecánicas del concreto 210 kg/cm². Se observó que el rango adecuado entre 12% y 14% demostró restaurar eficientemente las propiedades mecánicas referenciadas con el concreto patrón, con un nivel de alteración significativa en la resistencia a la compresión. Sin embargo, al superar el 14% de sustitución, la resistencia comenzó a disminuir, teniendo una caída del 29.15% con un 16% de reemplazo.

Así mismo, la consistencia del concreto varió significativamente mostrando un aumento en el asentamiento de la mezcla. Por otro lado, el polvo de residuo cerámico puede sustituir parcialmente el cemento sin afectar significativamente la porosidad, absorción y densidad del concreto. De esta manera, se observa que el reemplazo del cemento por el material de estudio genera una mayor modificación en las propiedades mecánicas en comparación con las propiedades físicas.

11.1.2. Conclusiones específicas

Conclusiones específicas

- Según los resultados, se determinó que la sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados varía significativamente la consistencia del concreto, incrementando la fluidez del mismo. El concreto patrón presentó un asentamiento promedio de 121.33 mm, mientras que los concretos con reemplazo de cerámico al 12%, 14% y 16% alcanzaron valores promedio de 129.33 mm, 147 mm y 151.33 mm lo cual indica que en las muestras con 16% de reemplazo la consistencia del concreto tiene un aumento del 24.7% en comparación con el concreto patrón.

- De acuerdo a los resultados del estudio, se determinó que la incorporación de residuos cerámicos calcinados no varía positivamente la absorción del concreto. El concreto patrón presentó una absorción promedio de 5.22%, mientras que los concretos con reemplazo del cemento por polvo cerámico al 12%, 14% y 16% registraron valores promedio de 4.33%, 4.85% y 4.42%, respectivamente. En particular, la muestra con un 12% de reemplazo mostró el menor porcentaje de absorción, esto contribuye a que el material sea más resistente y duradero.
- Con respecto a los resultados, se identificó que la sustitución del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados no cambia la densidad del concreto, produciéndose solo un leve incremento. El concreto patrón presentó una densidad promedio de 2502 kg/m³, mientras que las muestras con reemplazos al 12%, 14% y 16% alcanzaron valores de 2528.33 kg/m³, 2526 kg/m³ y 2561 kg/m³, respectivamente. Este aumento fue más notable en la muestra con 16% de reemplazo de sustitución, presentando un aumento del 2.35% con respecto al patrón concreto.
- Según esta investigación, se determinó que el reemplazo parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados no impacta de manera considerable la porosidad del concreto. El concreto patrón presentó una porosidad promedio de 11.87%, mientras que los concretos con reemplazo al 12%, 14% y 16% registraron valores de 10.41%, 12.14% y 10.63%, respectivamente. La muestra con un 14% de reemplazo presentó el mayor porcentaje de vacíos, superando en 0.27% al concreto patrón.
- De acuerdo al presente estudio, se concluyó que la sustitución parcial de polvo de residuos cerámicos calcinados como sustituto del cemento altera significativamente la resistencia a la compresión del concreto. Se observó que al utilizar entre un 12% y un 14% de sustitución, los resultados alcanzaron satisfactoriamente la resistencia en comparación con el concreto patrón, obteniendo valores de 277.41 kg/cm² y 290.13 kg/cm², respectivamente, lo que demuestra su desempeño como material cementante suplementario. Sin embargo, al aumentar la sustitución al 16%, se registró una notable disminución del 29.15%. Estos valores indican que el exceso de material cerámico puede llegar a perjudicar la resistencia a la compresión del concreto.

11.2. Recomendaciones

- Se recomienda usar un rango óptimo de reemplazo entre el 12% y 14% del material cementante por polvo de residuo cerámico calcinado, ya que estos porcentajes mantienen o incluso mejoran la resistencia a la compresión con respecto al concreto convencional. Además, se recomienda evitar valores superiores al 14%, dado que el 16% mostró una caída significativa en la resistencia (29.15% menos).
- Se recomienda realizar estudios sobre el ciclo de vida y el impacto de la huella de carbono que el concreto con sustitución de residuo cerámico puede generar. De esta manera cuantificar los beneficios ambientales a largo plazo y compararlos con el concreto convencional.
- Se recomienda implementar este nuevo tipo de concreto de forma gradual, comenzando con elementos no estructurales como pavimentos rígidos, adoquines, muros de contención o elementos prefabricados. Esto permitirá evaluar su desempeño en condiciones reales antes de su aplicación masiva en elementos estructurales, garantizando la seguridad y eficiencia de las construcciones.

XII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Libros

- Atkins, P. W., Jones, L. (2006). Principios de Química. La búsqueda del conocimiento. Argentina: Editorial Médica Panamericana. (Perez, 2020)
- Arias, J., Holgado, J., Tafur, T., Vasquez, M. (2022). Metodología de la investigación: El método ARIAS para desarrollar un proyecto de tesis. Perú: Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.016>
- Arias, F.G.(2012). El proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica. EPISTEME, C.A.
- Callister, W. D. (2020). Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales. Volumen I. España: Reverte.
- Carrasco, S. (2006). Metodología de la investigación científica. Pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación. Editorial San Marcos.
- Cervera Ruiz, M., Blanco Díaz, E. (2004). Mecánica de estructuras I. Resistencia de materiales. España: Universitat Politècnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politécnica.
- Cortés, J. G. G. (2022). Durabilidad del concreto reforzado. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Delado, J. (2020). FISICANOVA: Una aproximación a la realidad. Colombia: Editorial FISICANOVA.
- Douglas, B. E., Alexander, J. J. (1987). Conceptos química inorgánica. España: Reverté.
- Escudero, C., & Cortez, L. (2018). Técnicas y métodos cualitativos para la investigación científica. Ediciones UTMACH. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/12501>
- Harmsen, T. E. (2019). Diseño de estructuras de concreto armado. Colombia: Alpha Editorial.
- Hernández Sampieri, R. (2018). Metodología de la investigación, las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. España: Editorial McGraw-Hill Interamericana. <https://repositoriobibliotecas.uv.cl/handle/uvsc1/1385>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, M. (2014). Metodología de la Investigación. (6ª ed.). México: McGraw-Hill Education.

- Kosmatka, S. H., Panarese, W. C. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto*. México: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.
- Moreno Garzon, A., Gallardo de Parada, Y., Jaramillo S., L. J., Tamayo y Tamayo, M. (1999). *Aprender a investigar*. Colombia: ICFES.
- Neville, A. M., Brooks, J. J. (1998). *Tecnología del concreto*. México: Trillas.
- Ñaupás Paitán, H., Valdivia Dueñas, M. R., Palacios Vilela, J. J., Romero Delgado, H. E. (2018). *Metodología de la Investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis (5ª ed.)*. Colombia: Ediciones de la U.
- Osorio Giraldo, R. D. (2009). *Manual de técnicas de laboratorio químico*. Colombia: Universidad de Antioquía.
- Quartico Baza, A., Taba, R., Hougassian, E. (2022). *Diseño Estructural en Hormigón Armado*. Argentina: Archidoes LLC.
- Sanchez de Guzman, D. (2001). *TECNOLOGÍA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO*. Colombia: Bhandar Editores.
- Tamayo, M. (2003). *El proceso de la investigación científica*. México: Editorial LIMUSA S.A.
- Viloria, R.J. (2021). *Preparación de materiales y maquinaria según documentación técnica*. España: Ediciones Paraninfo, S.A.

Artículos de Revistas

- Abbas, Z. K., Abbood, A. A., & Mahmood, R. S. (2022). Producing low-cost self-consolidation concrete using sustainable material. *Open Engineering*, *12*(1), 850–858. <https://doi.org/10.1515/eng-2022-0368>
- Abou Rachied, T., Dbouk, F., Hamad, B., & Assaad, J. J. (2023). Structural behavior of beams cast using normal and high strength concrete containing blends of ceramic waste powder and blast furnace slag. *Cleaner Materials*, *7*(August 2022), 100179. <https://doi.org/10.1016/j.clema.2023.100179>
- Al-Fakih, A., Odeh, A., Mahamood, M. A. A., Al-Shugaa, M. A., Al-Osta, M. A., & Ahmad, S. (2023). Review of the Properties of Sustainable Cementitious Systems Incorporating Ceramic Waste. *Buildings*, *13*(8). <https://doi.org/10.3390/buildings13082105>
- Ali Hussain, Z., & Aljalawi, N. (2022). Effect of Sustainable Glass Powder on the Properties of Reactive Powder Concrete with Polypropylene Fibers. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, *12*(2), 8388–8392. <https://doi.org/10.48084/etasr.4750>

- Amakye, S. Y., Abbey, S. J., & Olubanwo, A. O. (2021). Consistency and mechanical properties of sustainable concrete blended with brick dust waste cementitious materials. *SN Applied Sciences*, 3(4), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04430-w>
- Araújo, R. A., De Menezes, A. L. R., Cabral, K. C., Nóbrega, A. K. C., Martinelli, A. E., & Dantas, K. G. M. (2019). Evaluation of the pozzolanic activity of red ceramic waste using mechanical and physicochemical methods. *Ceramica*, 65(375), 461–469. <https://doi.org/10.1590/0366-69132019653752649>
- Chidambaram, N., Srikanth, J., Karthikeyan, B., & Dhinakaran, G. (2015). Mechanical properties and microstructure characteristics of ternary blended concrete with ceramic powder and SiO₂. *Asian Journal of Scientific Research*, 8(3), 304–314. <https://doi.org/10.3923/ajsr.2015.304.314>
- Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica. (2016). *Memoria Institucional*. https://portal.concytec.gob.pe/images/publicaciones/memoria_institucional_2016.pdf
- El-Kattan, I. M., Abdelzahera, M. A., & Farghalib, A. A. (2020). Positive impact of ultra fine-ceramic waste on the physico-mechanical features and microstructure of white cement pastes composites. *Journal of Materials Research and Technology*, 9(4), 9395–9402. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.05.087>
- El-Nadoury, W. W. (2022). Eco-friendly concrete using by-products as partial replacement of cement. *Frontiers in Materials*, 9(October), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fmats.2022.1043037>
- Elemam, W. E., Agwa, I. S., & Tahwia, A. M. (2023). Reusing Ceramic Waste as a Fine Aggregate and Supplemental Cementitious Material in the Manufacture of Sustainable Concrete. *Buildings*, 13(11). <https://doi.org/10.3390/buildings13112726>
- Ghonaim, S., & Morsy, R. (2023). Utilization of Ceramic Waste Material as Cement Substitution in Concrete. *Buildings*, 13(8), 1–13. <https://doi.org/10.3390/buildings13082067>
- Isberto, C. D., Labra, K. L., Landicho, J. M., & De Jesus, R. (2021). Effect of Rice Husk Ash and Crumb Waste Rubber Tires To Microstructure and Strength of Concrete. *International Journal of GEOMATE*, 20(79), 16–21. <https://doi.org/10.21660/2021.79.6196>
- Jalil, A., Khitab, A., Ishtiaq, H., Bukhari, S. H., Arshad, M. T., & Anwar, W. (2019). Evaluation of Steel Industrial Slag as Partial Replacement of Cement in Concrete.

Civil Engineering Journal (Iran), 5(1), 181–190. <https://doi.org/10.28991/cej-2019-03091236>

- Kulovaná, T., Pokorný, J., Keppert, M., Pavlík, Z., & Černý, R. (2016). Strength development and physical properties of cement paste with incorporated ceramic powder. *Medziagotyra*, 22(1), 82–87. <https://doi.org/10.5755/j01.ms.22.1.7190>
- Lee, Y. L., Lim, S. K., Lim, M. H., Lee, F. W., & Yew, M. K. (2021). Effect of Ceramic Dust as Partial Replacement of Cement on Lightweight Foamed Concrete. *International Journal of Integrated Engineering*, 13(4), 304–312. <https://doi.org/10.30880/ijie.2021.13.04.029>
- Li, L., Joseph, P., Zhang, X., & Zhang, L. (2024). A study of some relevant properties of concrete incorporating waste ceramic powder as a cement replacement agent. *Journal of Building Engineering*, 87. <https://doi.org/10.1016/j.job.2024.109106>
- Lim, S. K., Lee, Y. L., Yew, M. K., Ng, W. W., Lee, F. W., Kwong, K. Z., & Lim, J. H. (2022). Mechanical Properties of Lightweight Foamed Concrete With Ceramic Tile Wastes as Partial Cement Replacement Material. *Frontiers in Built Environment*, 8(February), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2022.836362>
- Lorena, M., Martins, F., Rodrigues, R., Ribeiro, R., Junior, S., & Pinheiro, P. (2020). Residuos de la industria del magnesio metálico para la sustitución parcial del cemento Portland. *IBRACON Structures and Materials Journal*, 13(6), 1–9.
- Muleya, F., Muwila, N., Tembo, C. K., & Lungu, A. (2021). Partial replacement of cement with rice husk ash in concrete production: An exploratory cost-benefit analysis for low-income communities. *Engineering Management in Production and Services*, 13(3), 127–141. <https://doi.org/10.2478/emj-2021-0026>
- Nasr, M. S., Salih, M. A., Shubbar, A., Falah, M. W., & Abadel, A. A. (2023). Influence of mechanical activation on the behavior of green high-strength mortar including ceramic waste. *Materials Science-Poland*, 41(4), 41–56. <https://doi.org/10.2478/msp-2023-0046>
- Solís-Carcaño, R., & Moreno, E. I. (2006). Análisis de la porosidad del concreto con agregado calizo. *Revista de La Facultad de Ingeniería*, 21(3), 57–68.
- Solís Carcaño, R. G., & Alcocer Fraga, M. Á. (2019). Durabilidad del concreto con agregados de alta absorción. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 20(4), 1–13. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2019.20n4.039>
- Song, H., Ahmad, A., Ostrowski, K. A., & Dudek, M. (2021). Analyzing the compressive strength of ceramic waste-based concrete using experiment and artificial neural network (Ann) approach. *Materials*, 14(16). <https://doi.org/10.3390/ma14164518>

- Susanti, R. D., Tambunan, R., Waruwu, A., & Syamsuddin, M. (2018). Studies on concrete by partial replacement of cement with volcanic ash. *Journal of Applied Engineering Science*, 16(2), 161–165. <https://doi.org/10.5937/jaes16-16494>
- Taher, M. J., Abed, E. H., & Hashim, M. S. (2023). Using ceramic waste tile powder as a sustainable and eco-friendly partial cement replacement in concrete production. *Materials Today: Proceedings*, xxxx. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.04.060>
- Universidad Nacional de Barranca.(2023). *Directiva de normas y procedimientos para trabajo de investigación, tesis y trabajo de suficiencia profesional conducentes a la obtención del grado académico de bachiller y título profesional* (Resolución N.º 864-2023-UNAB).<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5301348/4758471-resolucion-de-comision-organizadora-n-864-2023-unab-02-10-2023.pdf?v=1697669096>
- Universidad Nacional de Barranca.(2021). *Líneas de investigación de la Universidad Nacional de Barranca* (Resolución N°377-2021-UNAB). <https://unab.edu.pe/wp-content/uploads/2023/10/RCO.149.2021.pdf>
- Viera, P., & Chicaiza, C. (2018). Uso De Residuos Cerámicos Como Sustituto Del Cemento Para Fabricación De Morteros. *Ciencia*, 20(1), 34. <https://doi.org/10.24133/ciencia.v20i1.554>
- Yang, J., Jiang, P., Nassar, R. U. D., Suhail, S. A., Sufian, M., & Deifalla, A. F. (2023). Experimental investigation and AI prediction modelling of ceramic waste powder concrete – An approach towards sustainable construction. *Journal of Materials Research and Technology*, 23, 3676–3696. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.02.024>

XIII. ANEXOS

ANEXO N°01 MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
¿De qué manera la sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados modifica las propiedades físico-mecánicas del concreto 210 kg/cm ² , Barranca , 2024?	Evaluar de qué manera la sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados modifica las propiedades físico-mecánicas del concreto 210 kg/cm ² , Barranca, 2024	La sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados modifica de manera favorable las propiedades físico-mecánicas del concreto 210 kg/cm ² , Barranca, 2024	Polvo de residuos cerámicos calcinados	Dosificación del Polvo de residuos cerámicos calcinados	Porcentaje de Sustitución	DISEÑO Experimental - Cuasi Experimental TIPO Aplicado NIVEL Explicativo
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLES DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	ENFOQUE CUANTITATIVO MÉTODO
PE1: ¿De qué manera la sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados varía la consistencia del concreto 210 Kg/cm ² , Barranca 2024?	OE1: Determinar de qué manera la sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados varía la consistencia del concreto 210 Kg/cm ² , Barranca 2024?	HE1: La sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados varía significativamente la consistencia del concreto 210 Kg/cm ² , Barranca 2024	Propiedades físicas	Consistencia	Longitud de asentamiento (mm)	Deductivo, Inductivo, Experimental
PE2: ¿Como la sustitución parcial del cemento por polvo	OE2: Determinar cómo la	HE2: La sustitución parcial		Absorción	Porcentaje de agua acumulada (%)	POBLACIÓN Producción Total de Concreto f'c=210 kg/cm ²
				Densidad	Masa sobre volumen (kg/cm ³)	UNIDAD DE ANÁLISIS 84 especímenes de

de residuos cerámicos calcinados varía la absorción del concreto 210 Kg/cm ² , Barranca 2024?	sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados varía la absorción del concreto 210 Kg/cm ² , Barranca 2024?	del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados varía positivamente la Absorción del concreto 210 Kg/cm ² , Barranca 2024			concreto con sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámico
PE3: ¿De qué manera la sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados cambia la densidad del concreto 210 Kg/cm ² , Barranca 2024?	OE3: Identificar la manera que la sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados cambia la densidad del concreto 210 Kg/cm ² , Barranca 2024?	HE3: La sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados cambia la densidad del concreto 210 Kg/cm ² , Barranca 2024			
PE4: ¿De qué manera la sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados impacta en la porosidad del concreto 210 Kg/cm ² , Barranca 2024?	OE4: Determinar de qué manera la sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados impacta en la porosidad del concreto 210 Kg/cm ² , Barranca 2024?	HE4: La sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados impacta de manera considerable la porosidad del concreto 210 Kg/cm ² , Barranca 2024			
¿Cómo la sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados altera la resistencia a la compresión del concreto 210 kg/cm ² , Barranca, 2024?	Determinar como la sustitución del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados altera la resistencia a la compresión del concreto 210 kg/cm ² , Barranca, 2024	La sustitución parcial del cemento por polvo de residuos cerámicos calcinados altera significativamente la resistencia a la compresión del concreto 210 kg/cm ² , Barranca, 2024	Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión	Carga máxima por área (kg/cm ²)
			Porosidad	Porcentaje de vacíos (%)	TÉCNICA Observación de laboratorio INSTRUMENTO Ficha de observación de laboratorio

ANEXO N°02
PANEL FOTOGRAFICO



Foto 01: Recolección de residuos cerámicos en San Gerardo – Barranca.



Foto 02: Recolección de residuos cerámicos en San Gerardo – Barranca.



Foto 03: Recolección de residuos cerámicos en San Gerardo – Barranca.



Foto 04: Recolección de residuos cerámicos en San Gerardo – Barranca.



Foto 05: Extracción del agregado fino de la cantera “Rio Seco”.



Foto 06: Extracción del agregado fino de la cantera “Rio Seco”.



Foto 07: Extracción del agregado grueso de la cantera “Rio Seco”.



Foto 08: Extracción del agregado grueso de la cantera “Rio Seco”.



Foto 09: Ensayo para determinar el contenido de humedad de los agregados.



Foto 10: Ensayo para determinar el contenido de humedad de los agregados.



Foto 11: Ensayo para determinar el contenido de humedad de los agregados.



Foto 12: Ensayo para determinar el peso unitario compactado del agregado grueso.



Foto 13: Ensayo para determinar el peso unitario compactado del agregado grueso.



Foto 14: Ensayo para determinar el peso unitario suelto del agregado grueso.



Foto 15: Ensayo para determinar el peso unitario suelto del agregado grueso.



Foto16: Ensayo para determinar el peso unitario compactado del agregado fino.



Foto 17: Ensayo para determinar el peso unitario compactado del agregado fino.



Foto 18: Ensayo para determinar el peso unitario suelto del agregado fino.



Foto 19: Ensayo para determinar el peso unitario suelto del agregado fino.



Foto 20: Ensayo para determinar el análisis granulométrico del agregado fino.



Foto 21: Ensayo para determinar el análisis granulométrico del agregado fino.



Foto 22: Ensayo para determinar el análisis granulométrico del agregado fino.



Foto 23: Ensayo para determinar el análisis granulométrico del agregado fino.



Foto 24: Ensayo para determinar el análisis granulométrico del agregado grueso.



Foto 25: Ensayo para determinar el análisis granulométrico del agregado grueso.



Foto 26: Ensayo para determinar el análisis granulométrico del agregado grueso.



Foto 27: Lavado del agregado fino.

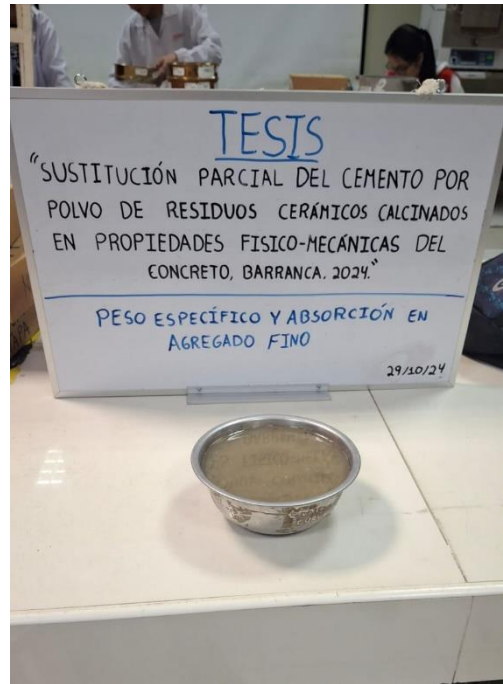


Foto 28: Lavado del agregado fino.

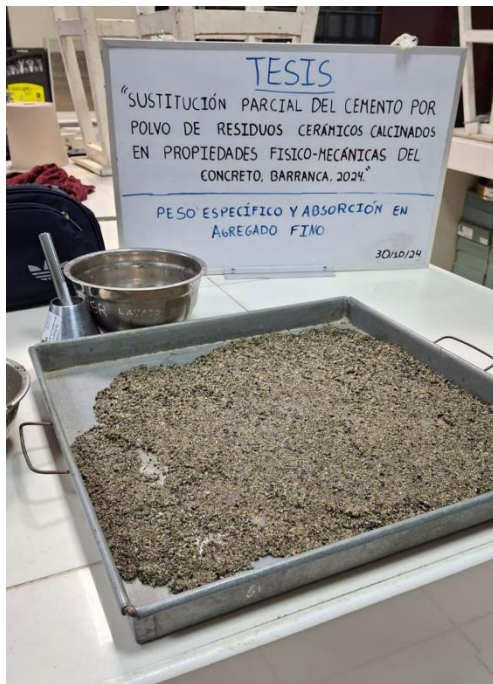


Foto 29: Lavado del agregado fino.



Foto 30: Secado de la muestra.



Foto 31: Ensayo para determinar si la muestra está saturada superficialmente seca.

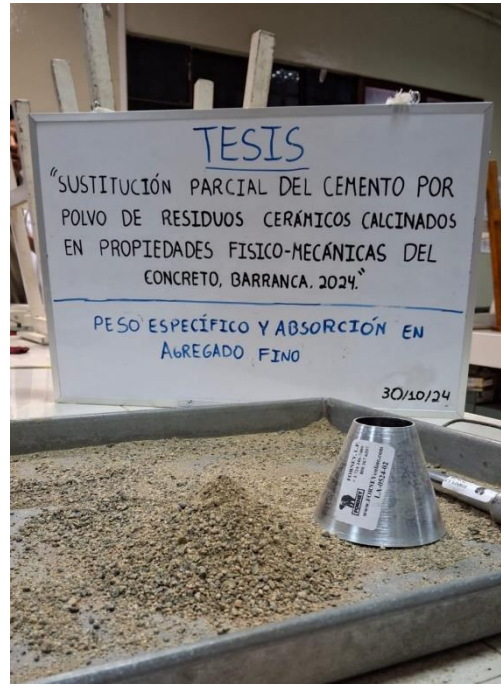


Foto 32: Ensayo para determinar si la muestra está saturada superficialmente seca.

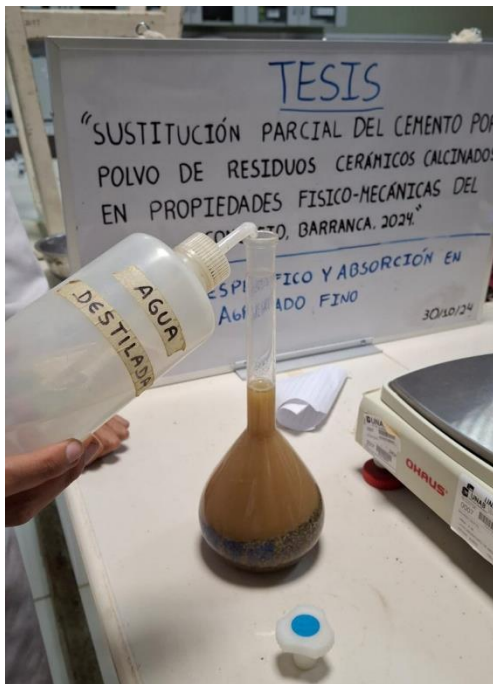


Foto 33: Ensayo para determinar el porcentaje de absorción del agregado fino.

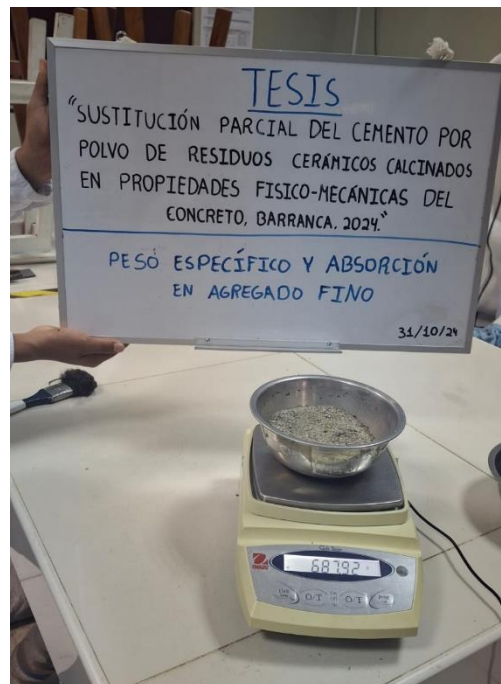


Foto 34: Pesado de la muestra para obtener la gravedad específica del agregado fino.



Foto 35: Muestra sumergida en agua.



Foto 36: Muestra saturada superficialmente seca y se pesa en la balanza.

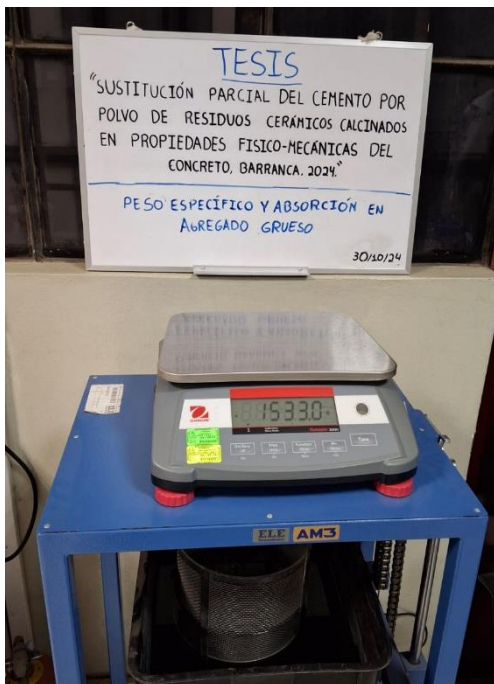


Foto 37: Peso sumergido de la muestra.

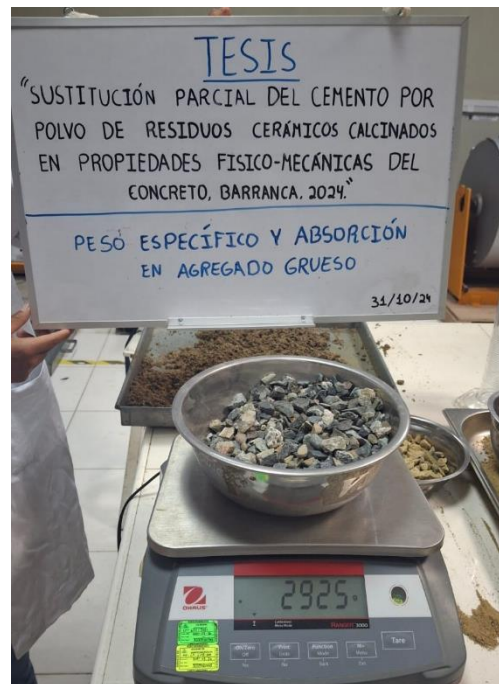


Foto 38: Peso de la muestra después de ser secada en horno.



Foto 39: Cuantificación de materiales.



Foto 40: Elaboración del concreto patrón.



Foto 41: Vaciado y varillado del concreto patrón.



Foto 42: Desencofrado de las probetas de concreto patrón.



Foto 43: Obtención las dimensiones de las probetas de concreto patrón.



Foto 44: Ensayo de resistencia a la compresión del concreto patrón.



Foto 45: Ensayo de resistencia a la compresión del concreto patrón M-3.

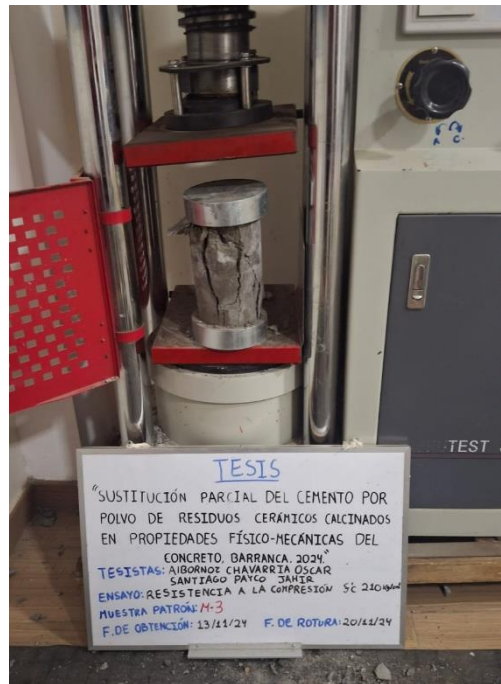


Foto 46: Ensayo de resistencia a la compresión del concreto patrón M-3.



Foto 47: Equipos a utilizar para reducir el tamaño de los residuos cerámicos.



Foto 48: Proceso de trituración de los residuos cerámicos.



Foto 49: Resultado final de trituración de los residuos cerámicos.



Foto 50: Fin del primer proceso de trituración de los residuos cerámicos.



Foto 51: Utilización de la máquina de los ángeles para la obtención de trozos de residuos cerámicos.



Foto 52: Máquina de los ángeles.



Foto 53: Trozos de Residuos cerámicos.



Foto 54: Trituración y pulverización de los residuos cerámicos.

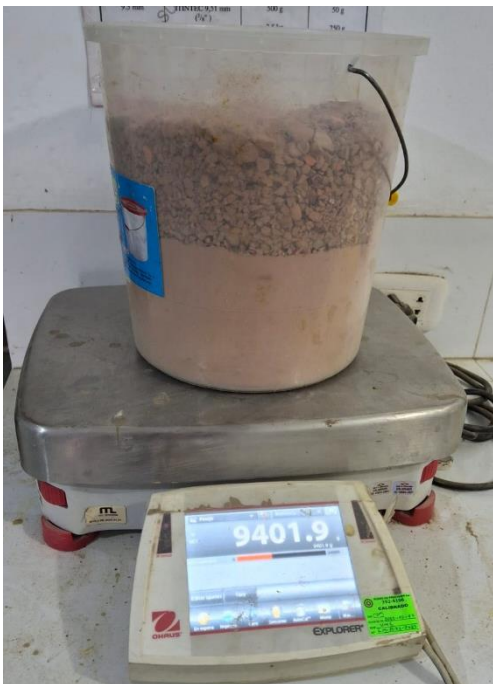


Foto 55: Trituración y pulverización de los trozos de residuos cerámicos.



Foto 56: Trituración y pulverización de los trozos de residuos cerámicos pasantes la malla N°200.



Foto 57: Incineración a 700° del polvo de residuos cerámicos.



Foto 58: Incineración a 700° del polvo de residuos cerámicos.



Foto 59: Comparativa del polvo de residuos cerámicos, antes y después de ser sometido a los equipos de trituración y calcinación.



Foto 60: Pesaje del agregado fino para la elaboración del concreto 12% RCC.



Foto 61: Pesaje del agregado grueso para la elaboración del concreto 12% RCC.

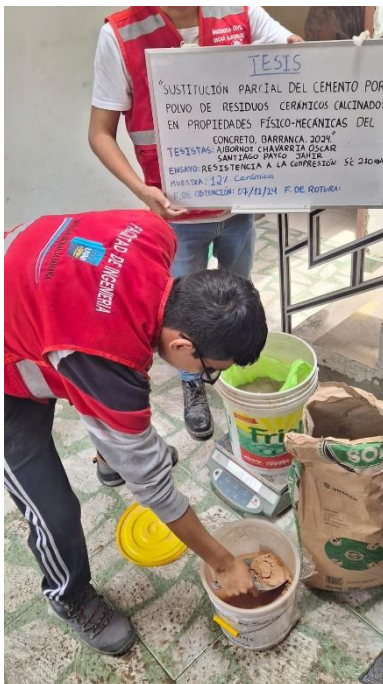


Foto 62: Pesaje de cemento y polvo de residuos cerámicos calcinados para la elaboración del concreto 12% RCC.



Foto 63: Medición del asentamiento del concreto con el cono de Abrams del concreto 12% RCC.



Foto 64: Pesaje del agregado fino para la elaboración del concreto 14% RCC.



Foto 65: Pesaje del agregado grueso para la elaboración del concreto 14% RCC.



Foto 66: Pesaje de cemento y polvo de residuos cerámicos calcinados para la elaboración del concreto 14% RCC.



Foto 67: Medición del asentamiento del concreto con el cono de Abrams del concreto 12% RCC.



Foto 68: Pesaje del agregado fino para la elaboración del concreto 16% RCC.



Foto 69: Pesaje del agregado grueso para la elaboración del concreto 16% RCC.



Foto 70: Pesaje de cemento y polvo de residuos cerámicos calcinados para la elaboración del concreto 16% RCC.



Foto 71: Medición del asentamiento del concreto con el cono de Abrams del concreto 16% RCC.



Foto 72: Curado de probetas de concreto.



Foto 73: Curado de probetas de concreto



Foto 74: Proceso de curado de probetas de concreto elaboradas con sustitución parcial del cemento por polvo de residuo cerámico en proporciones del 12%, 14% y 16%



Foto 75: Ensayo de resistencia a la compresión a 7 días en la probeta M-1 de concreto con 12% de RCC.

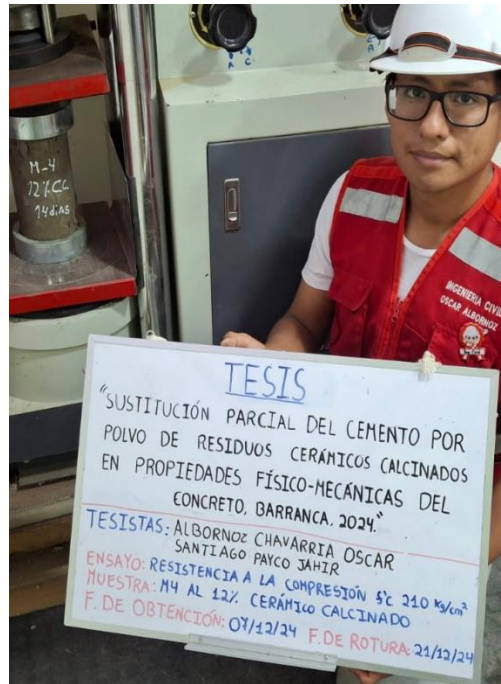


Foto 76: Ensayo de resistencia a la compresión a 14 días en la probeta M-4 de concreto con 12% de RCC.



Foto 77: Ensayo de resistencia a la compresión a 28 días en la probeta M-7 de concreto con 12% de RCC.



Foto 78: Resultado de compresión a 28 días en probeta M-7 de concreto con 12% de RCC.



Foto 79: Ensayo de resistencia a la compresión a 7 días en la probeta M-1 de concreto con 14% de RCC.

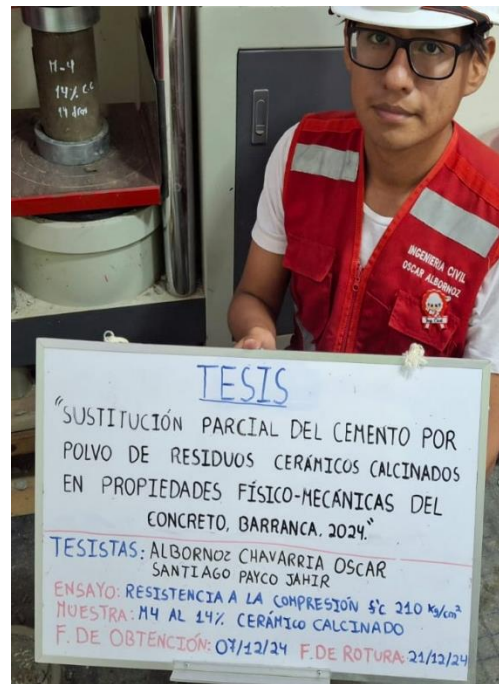


Foto 80: Ensayo de resistencia a la compresión a 14 días en la probeta M-4 de concreto con 14% de RCC.



Foto 81: Ensayo de resistencia a la compresión a 28 días en la probeta M-7 de concreto con 14% de RCC.



Foto 82: Resultado de la resistencia a la compresión de la probeta M-7 de concreto con 14% de RCC.



Foto 83: Ensayo de resistencia a la compresión a 7 días en la probeta M-1 de concreto con 16% de RCC.



Foto 84: Ensayo de resistencia a la compresión a 14 días en la probeta M-4 de concreto con 16% de RCC.



Foto 85: Ensayo de resistencia a la compresión a 28 días en la probeta M-7 de concreto con 16% de RCC.



Foto 86: Resultado de la resistencia a la compresión de la probeta M-7 de concreto con 16% de RCC.



Foto 87: Corte de probetas para los ensayos de densidad, absorción y vacíos en concreto endurecido.



Foto 88: Se extrajo 3 muestras del concreto patrón, 12% RCC, 14% RCC y 16% RCC.



Foto 89: Se extrajo 3 muestras del concreto por cada diseño de mezcla para los ensayos de densidad, absorción y vacíos en concreto endurecido.



Foto 90: Ensayo para determinar la densidad del concreto endurecido.

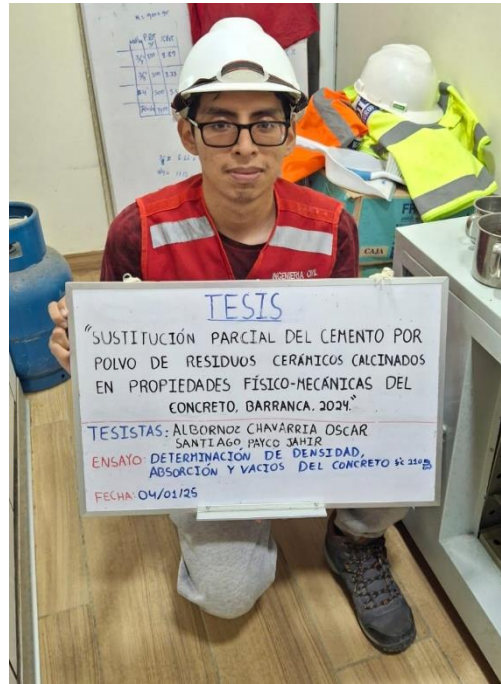


Foto 91: Ensayo para determinar la densidad del concreto endurecido.

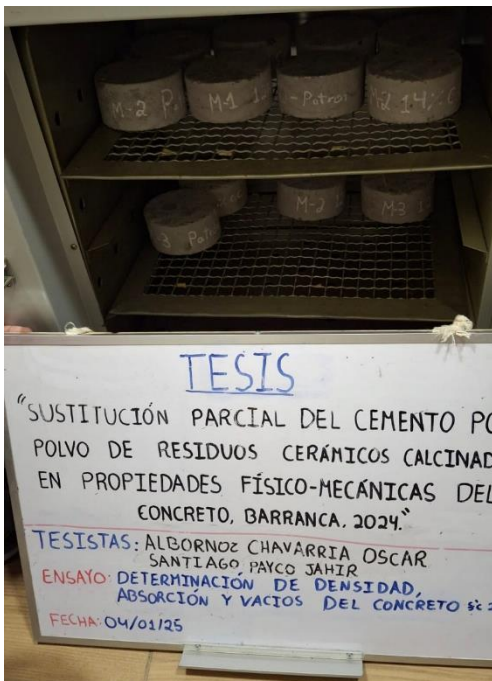


Foto 92: Se colocan las muestras al horno.



Foto 93: Muestra seca al horno.



Foto 94: Muestras de concreto endurecido sumergidas durante 48 horas.



Foto 95: Muestras de concreto endurecido saturadas después de inmersión.

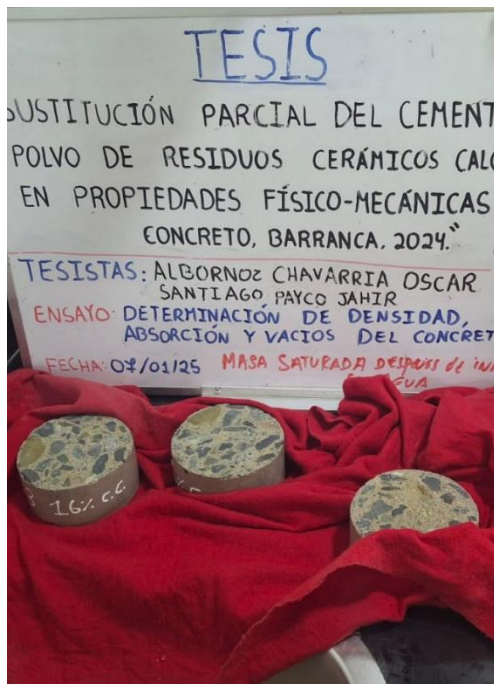


Foto 96: Muestras de concreto endurecido saturadas después de inmersión.

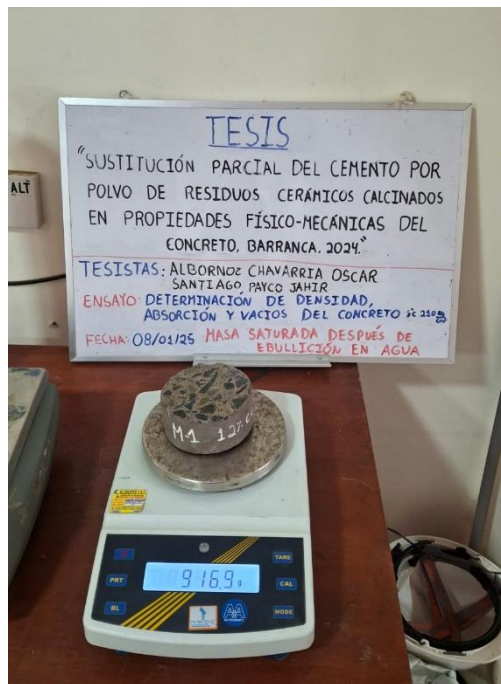


Foto 97: Muestras de concreto endurecido saturadas después de inmersión.



Foto 98: Muestras de concreto endurecido en ebullición en agua.

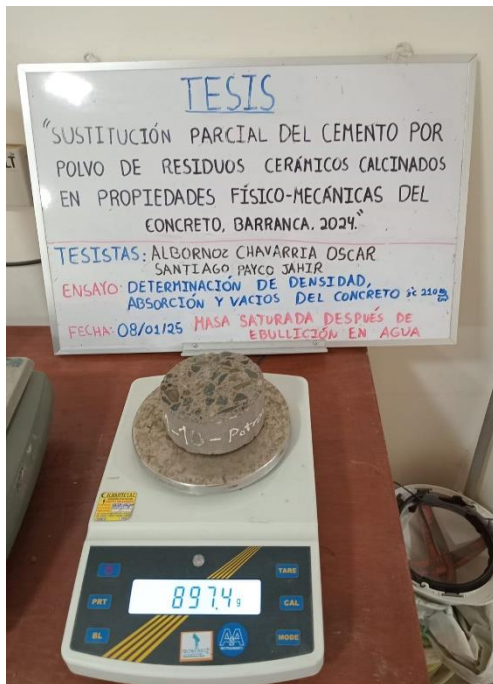


Foto 99: Masa saturada después de ebullición en agua de las muestras de concreto endurecido.

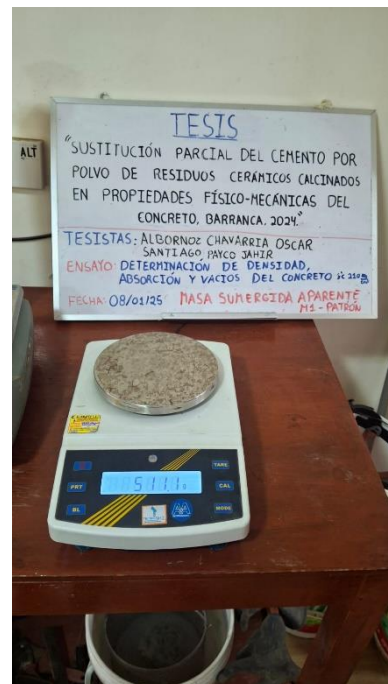
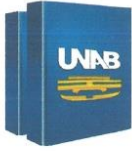


Foto 100: Masa sumergida aparente de las muestras de concreto endurecido.

ANEXO N°03
CARACTERISTICAS FISICAS Y MECANICAS DEL AGREGADO GRUESO Y
FINO

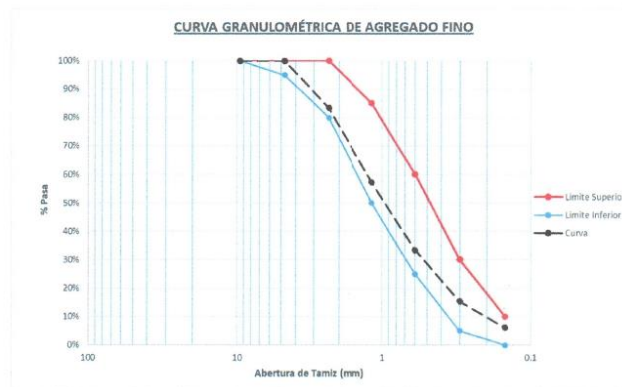
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS


TESIS: SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE RESIDUOS CERÁMICOS CALCINADOS EN PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO, BARRANCA, 2024

	UNAB - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES	
	ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NTP 400,012 - ASTM D422)
	TESISTAS:	BACH, ALBORNOZ CHAVARRIA, OSCAR BACH, SANTIAGO PAYCO, JAHIR
	MATERIAL:	ARENA GRUESA - CANTERA RÍO SECO
	FECHA:	18-10-2024

AGREGADO FINO					
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% Retenido Parcial	% Acumulado	
				% Retenido	% Pasando
N 4	4,75	0,07	0,01	0,01	99,99
N 8	2,36	89,67	16,64	16,66	83,34
N 16	1,18	140,57	26,09	42,75	57,25
N 30	0,6	128,63	23,87	66,62	33,38
N 50	0,3	97,39	18,08	84,7	15,3
N 100	0,15	49,78	9,24	93,93	6,07
N 200	75	29,68	5,51	99,44	0,56
PLATILLO		3	0,56	100	0
		538,79			

Modulo de finura	3,047
------------------	-------



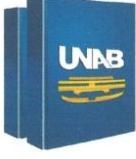

Mg. Ing. Pablo Cruz Silveira
 Visto bueno de la Responsable de Laboratorios y
 Talleres Académicos
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE BARRANCA


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
 CONSEJO DEPARTAMENTAL AREQUIPA-HUARAZ

Yaneth Yolanda Landivar Escalante
 INGENIERA CIVIL
 CIP Nº 134612
Mg. Ing. Yaneth Yolanda Landivar Escalante
 Visto bueno de la Asesora de Tesis
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE BARRANCA

FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

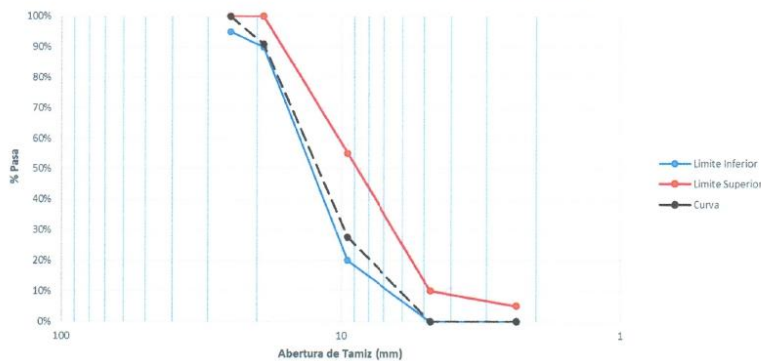
TESIS: SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE RESIDUOS CERÁMICOS CALCINADOS EN PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO, BARRANCA, 2024

	UNAB - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES	
	ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NTP 400.012 - ASTM D422)
	TESISTAS:	BACH. ALBORNOZ CHAVARRIA, OSCAR BACH. SANTIAGO PAYCO, JAHIR
	MATERIAL:	PIEDRA CHANCADA TMN 3/4" - CANTERA RÍO SECO
	FECHA:	18-10-2024

AGREGADO GRUESO					
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% Retenido Parcial	% Acumulado	
				% Retenido	% Pasando
1"	25	0	0,00	0,00	100,00
3/4"	19	453	9,11	9,11	90,89
1/2"	12.5	2540	51,07	60,17	39,83
3/8"	9.5	603	12,12	72,30	27,70
Nº 4	4.75	1377	27,68	99,98	0,02
Platillo		1	0,02	100,00	0,00
		4974			


Modulo de finura	7,42
------------------	------

CURVA GRANULOMÉTRICA DE AGREGADO GRUESO




FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TESIS: SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE RESIDUOS CERÁMICOS CALCINADOS EN PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO, BARRANCA, 2024

	UNAB - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES	
	ENSAYO:	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.185 - ASTM C566)
	TESISTAS:	BACH. ALBORNOZ CHAVARRIA, OSCAR BACH. SANTIAGO PAYCO, JAHIR
	MATERIALES:	PIEDRA CHANCADA TMN 3/4" - CANTERA RÍO SECO ARENA GRUESA - CANTERA RÍO SECO
	FECHA:	18-10-2024

AGREGADO GRUESO			
Muestra N°:	M1	M2	M3
Peso del Recipiente (gr)	124	123	228
Masa de la muestra (gr)	3100	3089	3100
Masa de la muestra secada al horno (gr)	3090	3080	3091
Contenido de humedad (%)	0,32	0,29	0,29
Contenido de humedad promedio (%)	0,30		

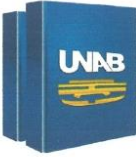
AGREGADO FINO			
Muestra N°:	M1	M2	M3
Peso del Recipiente (gr)	194,54	194,7	76,81
Masa de la muestra (gr)	500,1	500,01	500,05
Masa de la muestra secada al horno (gr)	498,21	498,14	498,13
Contenido de humedad (%)	0,38	0,38	0,39
Contenido de humedad promedio (%)	0,38		


 Mg. Ing. Celis Grúz Silvera Pablo
 Visto bueno de la Responsable de Laboratorios y
 Talleres Académicos
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE BARRANCA


 Mg. Ing. Yaneth Yolanda Landivar Escalante
 Visto bueno de la Asesora de Tesis
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE BARRANCA

FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS


TESIS: SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE RESIDUOS CERÁMICOS CALCINADOS EN PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO, BARRANCA, 2024


	UNAB - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES	
	ENSAYO:	GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO (NTP 400.022 - ASTM C128)
	TESISTAS:	BACH. ALBORNOZ CHAVARRIA, OSCAR BACH. SANTIAGO PAYCO, JAHIR
	MATERIAL:	ARENA GRUESA - CANTERA RÍO SECO
	FECHA:	28-10-2024

AGREGADO FINO

PESO ESPECÍFICO	
Muestra N°:	M1
Masa de la muestra secada al horno (gr)	493,39
Masa del picnometro llenado de agua hasta la marca de calibración (gr)	646,34
Masa del picnometro llenado de muestra y agua hasta la marca de calibración (gr)	964,17
Masa de la muestra superficialmente seca (gr)	500
Gravedad Específica (gr/cm3)	2,71


ABSORCIÓN	
Muestra N°:	M1
Masa de la muestra secada al horno (gr)	493,39
Masa de la muestra superficialmente seca (gr)	500
Absorción (%)	1,34


 Mg. Ing. Celso Cruz Silvera Pablo
 Visto bueno de la Responsable de Laboratorios y
 Talleres Académicos
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE BARRANCA


 Mg. Ing. Yaneth Yolanda Landivar Escalante
 Visto bueno de la Asesora de Tesis
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE BARRANCA

FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS


TESIS: SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE RESIDUOS CERÁMICOS CALCINADOS EN PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO, BARRANCA, 2024

	UNAB - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES	
	ENSAYO:	GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO (NTP 400.021 - ASTM C127)
	TESISTAS:	BACH. ALBORNOZ CHAVARRIA, OSCAR BACH. SANTIAGO PAYCO, JAHIR
	MATERIAL:	PIEDRA CHANCADA TMN 3/4" - CANTERA RÍO SECO
	FECHA:	28-10-2024

AGREGADO GRUESO

PESO ESPECÍFICO	
Muestra N°:	M1
Masa de la muestra secada al horno al aire (gr)	2486
Masa de la muestra de ensayo saturada superficialmente seca al aire (gr)	2500
Masa aparente de la muestra de ensayo saturada en agua (gr)	1533
Gravedad Específica (gr/cm ³)	2,57


ABSORCIÓN	
Muestra N°:	M1
Masa de la muestra secada al horno al aire (gr)	2486
Masa de la muestra de ensayo saturada superficialmente seca al aire (gr)	2500
Absorción (%)	0,56


 Mg. Ing. Celja Cruz Silvera Pablo
 Visto bueno de la Responsable de Laboratorios y Talleres Académicos
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE BARRANCA


 Mg. Ing. Yaneth Yolanda Landivar Escalante
 Visto bueno de la Asesora de Tesis
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE BARRANCA

FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS


TESIS: SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE RESIDUOS CERÁMICOS CALCINADOS EN PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO, BARRANCA, 2024

	UNAB - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES	
	ENSAYO:	PESO UNITARIO Y VACIO DE LOS AGREGADOS (NTP 400.017 - ASTM C29)
	TESISTAS:	BACH. ALBORNOZ CHAVARRIA, OSCAR BACH. SANTIAGO PAYCO, JAHIR
	MATERIAL:	ARENA GRUESA - CANTERA RÍO SECO
	FECHA:	24-10-2024

AGREGADO FINO

PESO UNITARIO			
Muestra N°:	M1	M2	M3
Peso del molde (kg)	1.6	1.6	1.6
Peso de la piedra + Molde (kg)	6.234	6.22	6.254
Peso de la piedra (kg)	4.634	4.62	4.654
Volumen del molde (m3)	0,002868	0,002868	0,002868
P.U.S. (kg/m3)	1615.69	1610.81	1622.67
P.U.S. Promedio (kg/m3)	1616,39		


PESO UNITARIO COMPACTADO			
Muestra N°:	M1	M2	M3
Peso del molde (kg)	1.6	1.6	1.6
Peso de la piedra + Molde (kg)	6.608	6.541	6.57
Peso de la piedra (kg)	5.008	4.941	4.97
Volumen del molde (m3)	0,002868	0,002868	0,002868
P.U.C. (kg/m3)	1746.09	1722.73	1732.84
P.U.C. Promedio (kg/m3)	1733,89		


 Mg. Ing. Ceña Cruz Silveira Pablo
 Visto bueno de la Responsable de Laboratorios y
 Talleres Académicos
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE BARRANCA


 Colegio de Ingenieros del Perú
 Consejo Universitario Barranca
 Yaneth Yolanda Landivar Escalante
 Ingeniera Civil
 C.P. N° 13847
 Mg. Ing. Yaneth Yolanda Landivar Escalante
 Visto bueno de la Asesora de Tesis
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE BARRANCA

FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS


TESIS: SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE RESIDUOS CERÁMICOS CALCINADOS EN PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO, BARRANCA, 2024

	UNAB - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES	
	ENSAYO:	PESO UNITARIO Y VACIO DE LOS AGREGADOS (NTP 400.017 - ASTM C29)
	TESISTAS:	BACH. ALBORNOZ CHAVARRIA, OSCAR BACH. SANTIAGO PAYCO, JAHIR
	MATERIAL:	PIEDRA CHANCADA TMN 3/4" - CANTERA RÍO SECO
	FECHA:	18-10-2024

AGREGADO GRUESO



PESO UNITARIO			
Muestra N°:	M1	M2	M3
Peso del molde (kg)	4.65	4.65	4.65
Peso de la piedra + Molde (kg)	18,40	18,30	18.25
Peso de la piedra (kg)	13.75	13.65	13,60
Volumen del molde (m3)	0,0095	0,0095	0,0095
P.U.S. (kg/m3)	1447.37	1436.84	1431.58
P.U.S. Promedio (kg/m3)	1438,60		

PESO UNITARIO COMPACTADO			
Muestra N°:	M1	M2	M3
Peso del molde (kg)	4.65	4.65	4.65
Peso de la piedra + Molde (kg)	19,50	19,60	19,40
Peso de la piedra (kg)	14.85	14.95	14.75
Volumen del molde (m3)	0,0095	0,0095	0,0095
P.U.C. (kg/m3)	1563.16	1573.68	1552.63
P.U.C. Promedio (kg/m3)	1563,16		




 Mg. Ing. Cona Cruz Silveira Pablo
 Visto bueno de la Responsable de Laboratorios y
 Talleres Académicos
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE BARRANCA


 Mg. Ing. Yaneth Yolanda Landivar Escalante
 Visto bueno de la Asesora de Tesis
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE BARRANCA

ANEXO N°04
DISEÑO DE MEZCLA – METODO ACI 211.1

		DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETO HIDRÁULICO F'C= 210 kg/cm² - METODO A.C.I 211.1								
				PAGINA 1/3						
NOMBRE CLIENTE:	BACH. OSCAR SIMON ALBORNOZ CHAVARRIA BACH. JAHIR ALEJANDRO SANTIAGO PAYCO		INFORME No.:	81-2024						
TESIS:	"SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE RESIDUOS CERÁMICOS CALVINADOS EN PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO, BARRANCA, 2024"		FECHA DE ENSAYO:	OCT. 2024						
MÉTODO DE ENSAYO:	A.C.I 211.1		FECHA DE EMISIÓN:	NOV. 2024						
1. SELECCIÓN DE TIPO DE ESTRUCTURA (TABLA 6.3.1 - ACI 211.1) Columnas			ASENTAMIENTO (SLUMP) MAX. MIM. Recomendado Sugerido por Experiencia 4" 2" 3" 4.00"							
2. RESISTENCIA ESPECIFICADA DE DISEÑO F'c <small>ACI 211.1 - TABLA C.5.3.2.2 - RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN REQUERIDA CUANDO NO HAY DATOS DISPONIBLES PARA ESTABLECER UNA DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA MUESTRA</small>			210 kg/cm ²	21 MPa	2987 psi					
			f'cr = f'c + 8,3 29.3 Mpa							
3. PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS Y CEMENTO A UTILIZAR										
3.1 Propiedades de Agregado Fino			3.2 Propiedades de Agregado Grueso							
Gravedad Específica:	2.710		Tamaño Maximo Nominal:	3/4"	"					
Modulo de Finura (min. 2.20 - max. 3.20):	3.05		Peso Especifico Seco:	2.57						
Peso Unitario Compacto Seco/PUC:	1733.89 kg/m ³		Peso Unitario Compactado Seco/PUC:	1563.16 kg/m ³						
Peso Unitario Suelto Seco/PUS:	1616.39 kg/m ³		Peso Unitario Suelto Seco/PUS:	1438.60 kg/m ³						
Porcentaje de Absorción:	1.34 %		Porcentaje de Absorción:	0.56 %						
Contenido de Humedad:	0.38 %		Porcentaje de Humedad:	0.30 %						
3.3 Datos del Cemento										
Gravedad Específica:	3.150	Cemento Tipo:	Cemento Sol - tipo I							
4. DATOS DEL CONCRETO CALCULADO				Volumen total del Concreto Requerido						
<input type="radio"/> Con Aire Incorporado <input checked="" type="radio"/> Sin Aire Incorporado <small>(TABLA A1.5.3.3 - ACI 211.1)</small>		Grado de Exposición Del Agregado Grueso: Normal	<input type="radio"/> Normal <input type="radio"/> Moderada <input type="radio"/> Extrema	1 m³						
5. CALCULO VOLUMEN DE AGUA										
Slump:	4.00"	T.Máx.	0.38	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00	3.00	4.00
T. Máx Agregado:	0.75"	Sin Aire	228.0	216.0	205.0	193.0	181.0	169.0	145.0	124.0
Sin Aire:	205.00	Con Aire	202.0	193.0	184.0	175.0	165.0	157.0	133.0	119.0
Con Aire:	184.00	<small>(TABLA A1.5.3.3 - ACI 211.1)</small>								
PESO DEL AGUA:	205.0 kg	VOLUMEN DEL AGUA:	0.2050 m ³							
<small>Un slump de 0,39 pulgadas, equivale a 1 cm. Un slump de 0,59 pulgadas equivale 1,5 cm</small>										
6. CALCULO VOLUMEN DEL CEMENTO										
F'cr	293 (kg/cm ²)	TABLA A1.5.3.4(a) - ACI 211.1								
		Con Aire Incorporado				Sin Aire Incorporado				
Relación Agua / Cemento:		0.46				0.55				
Peso del Cemento, (Calculado datos de la tabla A1.5.3.3 ACI 211.1):		402 kg				376 kg				
Volumen del Cemento, (Calculado datos de la tabla A1.5.3.3 ACI 211.1):		0.128 m ³				0.119 m ³				
Peso del Cemento (recomendado):		373 kg				← Sin Aire Incorporado				
Volumen del Cemento (recomendado):		0.118 m ³								
VOLUMEN DEL CEMENTO DE DISEÑO:		0.118 m ³				<small>(Relación Agua / Cemento) recomendado a usar en la Mezcla Sin Aire Incorporado</small>		0.55		



		DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETO HIDRÁULICO F'C= 210 kg/cm² - METODO A.C.I 211.1			
NOMBRE CLIENTE: BACH. OSCAR SIMON ALBORNOZ CHAVARRIA BACH. JAHIR ALEJANDRO SANTIAGO PAYCO		INFORME No. : 81-2024		<small>PÁGINA 2/3</small>	
OBRA/PROYECTO: "SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE RESIDUOS CERAMICOS CALCINADOS EN PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO, BARRANCA, 2024"		FECHA DE ENSAYO: OCT. 2024			
MÉTODO DE ENSAYO: A.C.I 211.1		FECHA DE EMISIÓN : NOV. 2024			

7. CALCULO VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO						
T. Máx Agregado:	3/4 "	T.Máx.	Modulo de Finura (TABLA A1.5.3.6 - ACI 211.1)			
Modulo de Fineza de la Arena:	3.05		2.40	2.60	2.80	3.00
		3/4	0.66	0.64	0.62	0.6
Volumen de A"G" Compactado Seco:			0.595 m³		VOLUMEN DEL AGREGADO: 0.362 m³	





8. CALCULO VOLUMEN DEL AIRE			
Con Aire Incorporado		Sin Aire Incorporado	
Tamaño Máximo Agregado:	3/4 "	Tamaño Máximo Agregado:	3/4 "
Aire atrapado:	3.5 %	Aire atrapado:	2 %
<small>(TABLA A1.5.3.3 - ACI 211.1)</small>			
VOLUMEN DEL AIRE:	0.020 m³		

9. CÁLCULO VOLUMEN ABSOLUTO DE LOS MATERIALES			
Volumen de Agua:	0.205 m ³	VOLUMEN DE LA ARENA:	0.295 m³
Volumen de Cemento:	0.118 m ³		
Volumen del Agregado Grueso:	0.362 m ³		
Volumen del Aire:	0.020 m ³		
TOTAL:	0.705 m ³		

10. CANTIDAD DE MATERIALES A SER EMPLEADOS COMO VALORES DE DISEÑO POR M3 (SIN CORRECCIÓN DE HUMEDAD)			
Elemento	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso
Agua	0.205 m ³	1000 kg/m ³	205 kg.
Cemento	0.11833 m ³	3150 kg/m ³	373 kg.
Agregado Grueso (seca)	0.362 m ³	2570 kg/m ³	930 kg.
Agregado Fino (seca)	0.295 m ³	2710 kg/m ³	799 kg.
Aire	0.020 m ³	0 kg/m ³	0 kg.
TOTALES	1 m³		2307 kg.

11. CALCULO DE PESO DE AGUA FINAL - CORRECCION POR HUMEDAD Y ABSORCION				
	Humedad	Pesará (kg).	Balance de agua	Contribucion de Agua
Agregado Grueso Húmedo:	0.3	932.9	-0.003	-2.425 kg
Agregado Fino Húmedo:	0.38	801.9	-0.010	-7.698 kg
Agua Final:	215.1 kg	Peso Combinado Agregados kg:	1734.7 kg	AG / AF 54 / 46
Proporción Calculada				



	DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETO HIDRÁULICO F'C= 210 kg/cm2 - METODO A.C.I 211.1																											
	PÁGINA 3/3																											
NOMBRE CLIENTE:	BACH. OSCAR SIMON ALBORNOZ CHAVARRIA BACH. JAHIR ALEJANDRO SANTIAGO PAYCO		INFORME No. :	81-2024																								
OBRA/PROYECTO:	"SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE RESIDUOS CERÁMICOS CALCINADOS EN PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO, BARRANCA. 2024"		FECHA DE ENSAYO:	OCT. 2024																								
MÉTODO DE ENSAYO:	A.C.I 211.1		FECHA DE EMISIÓN :	NOV. 2024																								
12. RESULTADOS CORREGIDOS POR HUMEDAD A SER EMPLEADOS POR M3 - DOSIFICACIÓN (PESOS EN OBRA)																												
Para 1 m ³																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">ELEMENTO</th> <th style="width: 20%;">POR PESO</th> <th style="width: 20%;">POR VOLUMEN</th> <th style="width: 30%;">PROPORCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agua</td> <td style="text-align: center;">215.1 kg</td> <td style="text-align: center;">0.215 m³</td> <td style="text-align: center;">24.5 Lt/saco</td> </tr> <tr> <td>Cemento</td> <td style="text-align: center;">372.7 kg</td> <td style="text-align: center;">0.118 m³</td> <td style="text-align: center;">1.0</td> </tr> <tr> <td>Agregado Fino</td> <td style="text-align: center;">801.9 kg</td> <td style="text-align: center;">0.296 m³</td> <td style="text-align: center;">2.50</td> </tr> <tr> <td>Agregado Grueso</td> <td style="text-align: center;">932.9 kg</td> <td style="text-align: center;">0.363 m³</td> <td style="text-align: center;">3.07</td> </tr> <tr> <td>TOTALES</td> <td style="text-align: center;">2322.6 kg</td> <td style="text-align: center;">1.0 m³</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					ELEMENTO	POR PESO	POR VOLUMEN	PROPORCIÓN	Agua	215.1 kg	0.215 m ³	24.5 Lt/saco	Cemento	372.7 kg	0.118 m ³	1.0	Agregado Fino	801.9 kg	0.296 m ³	2.50	Agregado Grueso	932.9 kg	0.363 m ³	3.07	TOTALES	2322.6 kg	1.0 m³	
ELEMENTO	POR PESO	POR VOLUMEN	PROPORCIÓN																									
Agua	215.1 kg	0.215 m ³	24.5 Lt/saco																									
Cemento	372.7 kg	0.118 m ³	1.0																									
Agregado Fino	801.9 kg	0.296 m ³	2.50																									
Agregado Grueso	932.9 kg	0.363 m ³	3.07																									
TOTALES	2322.6 kg	1.0 m³																										
Para 1 m ³ de concreto equivale a 8.8 Sacos de cemento y 215.1 Litros de agua																												
13. RESULTADOS CORREGIDOS POR HUMEDAD A SER EMPLEADOS POR SACO DE CEMENTO 42.5KG - DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN																												
Para 1 saco 42.5 kg																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">ELEMENTO</th> <th style="width: 20%;">POR PESO</th> <th style="width: 20%;">POR VOLUMEN</th> <th style="width: 30%;">PROPORCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agua</td> <td style="text-align: center;">24.5 kg</td> <td style="text-align: center;">0.025 m³</td> <td style="text-align: center;">24.5 Lt/saco</td> </tr> <tr> <td>Cemento</td> <td style="text-align: center;">42.5 kg</td> <td style="text-align: center;">0.013 m³</td> <td style="text-align: center;">1.0</td> </tr> <tr> <td>Agregado Fino</td> <td style="text-align: center;">91.4 kg</td> <td style="text-align: center;">0.034 m³</td> <td style="text-align: center;">1.98</td> </tr> <tr> <td>Agregado Grueso</td> <td style="text-align: center;">106.4 kg</td> <td style="text-align: center;">0.041 m³</td> <td style="text-align: center;">2.59</td> </tr> <tr> <td>TOTALES</td> <td style="text-align: center;">264.8 kg</td> <td style="text-align: center;">0.113 m³</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					ELEMENTO	POR PESO	POR VOLUMEN	PROPORCIÓN	Agua	24.5 kg	0.025 m ³	24.5 Lt/saco	Cemento	42.5 kg	0.013 m ³	1.0	Agregado Fino	91.4 kg	0.034 m ³	1.98	Agregado Grueso	106.4 kg	0.041 m ³	2.59	TOTALES	264.8 kg	0.113 m³	
ELEMENTO	POR PESO	POR VOLUMEN	PROPORCIÓN																									
Agua	24.5 kg	0.025 m ³	24.5 Lt/saco																									
Cemento	42.5 kg	0.013 m ³	1.0																									
Agregado Fino	91.4 kg	0.034 m ³	1.98																									
Agregado Grueso	106.4 kg	0.041 m ³	2.59																									
TOTALES	264.8 kg	0.113 m³																										
14. RECOMENDACIONES																												
<ul style="list-style-type: none"> - Si es necesario ajustes al diseño, Recomendamos elaborar tandas de pruebas en laboratorio. - Realizar ensayos periódicos la calidad de materiales utilizados, los cuales hacen depender la calidad del diseño. - Controlar el macenamiento o stock de los materiales gruesos y finos por separado. Para no afectar las proporciones del diseño. - Controlar el asentamiento (slump) del concreto fresco, de esta forma controlamos la relación agua cemento. 																												
REVISÓ		APROBÓ																										
 WILMER TRUJILLO MENDOZA Especialista en Geotécnica Ingeniero Civil - C / P.N° 117709		 Hellen Stephani Horna Reyes GERENTE GENERAL																										

ANEXO N°05

**ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN TESTIGOS CILINDRICOS
DE CONCRETO PATRÓN**

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION EN TESTIGOS
CILINDRICOS DE CONCRETO de 4" X 8"**

MTC E704 - ASTM C39 - AASHTO T22

TM EUROPA
GEOTÉCNIA Y CONSULTORIA E.I.R.L

TESIS : "SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE RESIDUOS CERÁMICOS CALCINADOS EN PROPIEDADES FÍSICOS - MECÁNICAS DEL CONCRETO, BARRANCA, 2024"

INFORME: 010-2025/TM EUROPA

REVISADO: ING. WILMER TRUJILLO M.

SOLICITANTES : BACH. OSCAR SIMON ALBORNOZ CHAVARRIA
BACH. JAHIR ALEJANDRO SANTIAGO PAYCO

UBICACIÓN : BARRANCA - BARRANCA - LIMA

FECHA DE EMISIÓN : 05 DE ENERO 2025

MUESTRA: PATRÓN - CONCRETO f'c 210 kg/cm2

N° PROB	FECHA DE		EDAD Dias	DISEÑO f'c (kg/cm2)	DIMENSIONES (cm)		ASENT. (mm)	AREA (cm2)	CARGA DE ROTURA		RESULTADO f'c		Tipo Fractura
	OBTENCION	ENSAYO			DIAMETRO	ALTURA			KN	Kg	Kg/cm²	%	
PATRÓN/M - 01	13-11-24	20-11-24	7	210	10.16	20.32	121	81.07	166.20	16,942	208.97	100	3
PATRÓN/M - 02	13-11-24	20-11-24	7	210	10.16	20.32	121	81.07	196.44	20,024	246.99	118	3
PATRÓN/M - 03	13-11-24	20-11-24	7	210	10.16	20.32	121	81.07	201.89	20,580	253.85	121	3
PATRÓN/M - 04	13-11-24	27-11-24	14	210	10.16	20.32	121	81.07	233.18	23,770	293.19	140	5
PATRÓN/M - 05	13-11-24	27-11-24	14	210	10.16	20.32	121	81.07	222.75	22,706	280.07	133	2
PATRÓN/M - 06	13-11-24	27-11-24	14	210	10.16	20.32	121	81.07	222.03	22,633	279.17	133	3
PATRÓN/M - 07	13-11-24	11-12-24	28	210	10.16	20.32	121	81.07	241.31	24,598	303.41	144	3
PATRÓN/M - 08	13-11-24	11-12-24	28	210	10.16	20.32	121	81.07	220.60	22,487	277.37	132	3
PATRÓN/M - 09	13-11-24	11-12-24	28	210	10.16	20.32	121	81.07	227.44	23,185	285.97	136	5

OBSERVACIONES : Las probetas corresponden a las muestras PATRÓN curadas en laboratorio, ensayadas en los días 07, 14 y 28 días, las mismas que fueron proporcionadas por el solicitante.
- Equipo utilizado: Modelo STYE - 2000, Marca PERUTEST, con fecha de Calibración de 17-09-2024



TM EUROPA E.I.R.L.
Suelos, Concreto y Pavimentos

Wilmer Trujillo Mendoza
WILMER TRUJILLO MENDOZA
Especialista en Geotécnia
Ingeniero Civil - CIPN° 117709

Hellen Stephanie Horna Reyes
TM EUROPA E.I.R.L.
Hellen Stephanie Horna Reyes
GERENTA GENERAL

ANEXO N°06

**ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN TESTIGOS CILINDRICOS
DE CONCRETO CON SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE
RESIDUO CERÁMICO A LOS 07 DIAS**

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION EN TESTIGOS
CILINDRICOS DE CONCRETO de 4" X 8"**

MTC E704 - ASTM C39 - AASHTO T22

TM EUROPA
GEOTÉCNIA Y CONSULTORIA E.I.R.L

TESIS : "SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE RESIDUOS CERÁMICOS CALCINADOS EN PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO, BARRANCA, 2024"

INFORME: 011-2025/TM EUROPA

REVISADO.: ING. WILMER TRUJILLO M.

SOLICITANTES : BACH. OSCAR SIMON ALBORNOZ CHAVARRIA
BACH. JAHIR ALEJANDRO SANTIAGO PAYCO

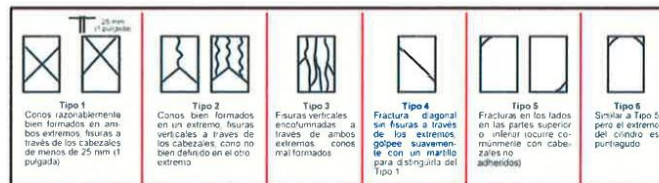
UBICACIÓN : BARRANCA - BARRANCA - LIMA

FECHA DE EMISIÓN : 05 DE ENERO 2025

MUESTRA: DISEÑO CONCRETO f'c 210 kg/cm2 + 12%, 14% y 16% de Residuos Ceramicos Calcinados / 7 DÍAS

N° PROB	FECHA DE		EDAD Dias	DISEÑO F'c (kg/cm2)	DIMENSIONES (cm)		ASENT. (mm)	AREA (cm2)	CARGA DE ROTURA		RESULTADO f'c		Tipo Fractura
	OBTENCION	ENSAYO			DIAMETRO	ALTURA			KN	Kg	Kg/cm²	%	
12%RCC / M - 01	07-12-24	14-12-24	7	210	10.19	20.32	129	81.55	205.60	20,958	256.99	122	2
12%RCC / M - 02	07-12-24	14-12-24	7	210	10.20	20.32	129	81.71	185.24	18,883	231.09	110	3
12%RCC / M - 03	07-12-24	14-12-24	7	210	10.15	20.32	129	80.91	190.08	19,376	239.47	114	2
14%RCC / M - 01	07-12-24	14-12-24	7	210	10.11	20.32	147	80.28	174.72	17,810	221.86	106	6
14%RCC / M - 02	07-12-24	14-12-24	7	210	10.20	20.32	147	81.71	187.71	19,135	234.17	112	2
14%RCC / M - 03	07-12-24	14-12-24	7	210	10.15	20.32	147	80.91	198.05	20,189	249.51	119	3
16%RCC / M - 01	07-12-24	14-12-24	7	210	10.20	20.32	151	81.71	143.05	14,582	178.46	85	3
16%RCC / M - 02	07-12-24	14-12-24	7	210	10.20	20.32	151	81.71	159.53	16,262	199.01	95	3
16%RCC / M - 03	07-12-24	14-12-24	7	210	10.20	20.32	151	81.71	135.85	13,848	169.47	81	2

OBSERVACIONES : Las probetas corresponden a las muestras añadidas al 12%, 14% y 16% de Residuos Ceramicos Calcinados, curadas en laboratorio y ensayadas a los 07 dias, donde las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.
- Equipo utilizado: Modelo STYE - 2000, Marca PERUTEST, con fecha de Calibración de 17-09-2024



TM EUROPA E.I.R.L.
Suelos, Concreto y Pavimentos

Wilmer Trujillo Mendoza
WILMER TRUJILLO MENDOZA
Especialista en Geotécnica
Ingeniero Civil - C.I.P.N° 117709

Helena Stephani Horna Reyes
TM EUROPA E.I.R.L.
GERENTA GENERAL

ANEXO N°07

**ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN TESTIGOS CILINDRICOS
DE CONCRETO CON SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE
RESIDUO CERÁMICO A LOS 14 DÍAS**

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION EN TESTIGOS
CILINDRICOS DE CONCRETO de 4" X 8"**

MTC E704 - ASTM C39 - AASHTO T22

TM EUROPA
GEOTÉCNIA Y CONSULTORIA E.I.R.L.

TESIS : "SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE RESIDUOS CERÁMICOS CALCINADOS EN PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO, BARRANCA, 2024"

INFORME: 012-2025/TM EUROPA

REVISADO.: ING. WILMER TRUJILLO M.

SOLICITANTES : BACH. OSCAR SIMON ALBORNOZ CHAVARRIA
BACH. JAHIR ALEJANDRO SANTIAGO PAYCO

UBICACIÓN : BARRANCA - BARRANCA - LIMA

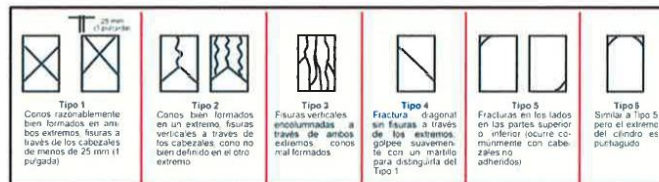
FECHA DE EMISIÓN : 05 DE ENERO 2025

MUESTRA: DISEÑO CONCRETO f'c 210 kg/cm2 + 12%, 14% y 16% de Residuos Ceramicos Calcinados / 14 DÍAS

N° PROB	FECHA DE		EDAD Dias	DISEÑO F'c (kg/cm2)	DIMENSIONES (cm)		ASENT. (mm)	AREA (cm2)	CARGA DE ROTURA		RESULTADO f'c		Tipo Fractura
	OBTENCION	ENSAYO			DIAMETRO	ALTURA			KN	Kg	Kg/cm²	%	
12%RCC / M - 04	07-12-24	21-12-24	14	210	10.16	20.32	129	81.07	220.61	22,488	277.38	132	3
12%RCC / M - 05	07-12-24	21-12-24	14	210	10.16	20.32	129	81.07	207.45	21,147	260.84	124	3
12%RCC / M - 06	07-12-24	21-12-24	14	210	10.16	20.32	129	81.07	204.03	20,798	256.54	122	6
14%RCC / M - 04	07-12-24	21-12-24	14	210	10.16	20.32	147	81.07	215.65	21,983	271.15	129	3
14%RCC / M - 05	07-12-24	21-12-24	14	210	10.16	20.32	147	81.07	211.35	21,544	265.74	127	3
14%RCC / M - 06	07-12-24	21-12-24	14	210	10.16	20.32	147	81.07	214.54	21,870	269.75	128	3
16%RCC / M - 04	07-12-24	21-12-24	14	210	10.16	20.32	151	81.07	171.70	17,503	215.89	103	3
16%RCC / M - 05	07-12-24	21-12-24	14	210	10.16	20.32	151	81.07	153.15	15,612	192.56	92	3
16%RCC / M - 06	07-12-24	21-12-24	14	210	10.16	20.32	151	81.07	155.86	15,888	195.97	93	3

OBSERVACIONES : Las probetas corresponden a las muestras añadidas al 12%, 14% y 16% de Residuos Ceramicos Calcinados, curadas en laboratorio y ensayadas a los 14 dias, donde las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

- Equipo utilizado: Modelo STYE - 2000, Marca PERUTEST, con fecha de Calibración de 17-09-2024



TM EUROPA E.I.R.L.
Suelos, Concreto y Pavimentos

Wilmer Trujillo Mendoza
WILMER TRUJILLO MENDOZA
Especialista en Geotécnia
Ingeniero Civil - C.I.P.M.º 117705

TM EUROPA E.I.R.L.

Hellen Stephani Horna Reyes
Hellen Stephani Horna Reyes
GERENTA GENERAL

ANEXO N°08

**ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN TESTIGOS CILINDRICOS
DE CONCRETO CON SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE
RESIDUO CERÁMICO A LOS 28 DIAS**

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION EN TESTIGOS

CILINDRICOS DE CONCRETO de 4" X 8"

MTC E704 - ASTM C39 - AASHTO T22



TESIS : "SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE RESIDUOS CERÁMICOS CALCINADOS EN PROPIEDADES FÍSICOS - MECÁNICAS DEL CONCRETO, BARRANCA, 2024"

INFORME: 013-2025/TM EUROPA

REVISADO.: ING. WILMER TRUJILLO M.

SOLICITANTES : BACH. OSCAR SIMON ALBORNOZ CHAVARRIA
BACH. JAHIR ALEJANDRO SANTIAGO PAYCO

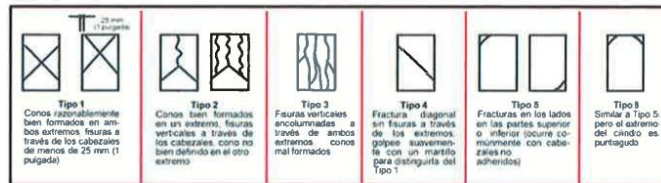
UBICACIÓN : BARRANCA - BARRANCA - LIMA

FECHA DE EMISIÓN : 05 DE ENERO 2025

MUESTRA: DISEÑO CONCRETO Fc 210 kg/cm2 + 12%, 14% y 16% de Residuos Ceramicos Calcinados / 28 DÍAS

N° PROB	FECHA DE		EDAD Dias	DISEÑO F ^c (kg/cm2)	DIMENSIONES (cm)		ASENT. (mm)	AREA (cm2)	CARGA DE ROTURA		RESULTADO F ^c		Tipo Fractura
	OBTENCION	ENSAYO			DIAMETRO	ALTURA			KN	Kg	Kg/cm²	%	
12%RCC / M - 07	07-12-24	04-01-25	28	210	10.16	20.32	129	81.07	221.12	22,540	278.02	132	3
12%RCC / M - 08	07-12-24	04-01-25	28	210	10.16	20.32	129	81.07	213.43	21,756	268.35	128	2
12%RCC / M - 09	07-12-24	04-01-25	28	210	10.16	20.32	129	81.07	227.35	23,175	285.86	136	2
14%RCC / M - 07	07-12-24	04-01-25	28	210	10.16	20.32	147	81.07	227.26	23,166	285.74	136	2
14%RCC / M - 08	07-12-24	04-01-25	28	210	10.16	20.32	147	81.07	231.22	23,570	290.72	138	3
14%RCC / M - 09	07-12-24	04-01-25	28	210	10.16	20.32	147	81.07	233.77	23,830	293.93	140	2
16%RCC / M - 07	07-12-24	04-01-25	28	210	10.16	20.32	151	81.07	150.49	15,340	189.22	90	3
16%RCC / M - 08	07-12-24	04-01-25	28	210	10.16	20.32	151	81.07	171.25	17,457	215.32	103	3
16%RCC / M - 09	07-12-24	04-01-25	28	210	10.16	20.32	151	81.07	186.65	16,988	209.54	100	2

OBSERVACIONES : Las probetas corresponden a las muestras añadidas al 12%, 14% y 16% de Residuos Ceramicos Calcinados, curadas en laboratorio y ensayadas a los 28 dias, donde las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.
- Equipo utilizado: Modelo STYE - 2000, Marca PERUTEST, con fecha de Calibración de 17-09-2024



TM EUROPA E.I.R.L.
Suelos, Concreto y Pavimentos

Wilmer Trujillo Mendoza

WILMER TRUJILLO MENDOZA
Especialista en Geotecnia
Ingeniero Civil - C I P M 117709

TM EUROPA E.I.R.L.

Hellen Stephani Horna Reyes

Hellen Stephani Horna Reyes
GERENTA GENERAL




ANEXO N°09
ENSAYOS DE DENSIDAD, ABSORCIÓN Y VACÍOS EN CONCRETO
ENDURECIDO ASTM C-642




SOLICITANTE:	BACH. OSCAR SIMON ALBORNOZ CHAVARRIA BACH. JAHIR ALEJANDRO SANTIAGO PAYCO	INFORME:	014-2025/TM EUROPA
TESIS:	"SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE RESIDUOS CERÁMICOS CALCINADOS EN PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO, BARRANCA, 2024"	FECHA DE ENSAYO:	del 04 al 08 de Enero 2025
LOCALIZACIÓN:	BARRANCA - BARRANCA - LIMA	FECHA DE EMISIÓN:	08 de Enero 2025
DESCRIPCIÓN:	LAS MUESTRAS PATRÓN FUERON EXTRAIDAS DE LAS PROBETAS CILINDRICAS FABRICADAS POR EL SOLICITANTE		




CONCRETO ENDURECIDO: MUESTRA PATRÓN					
Prueba. No.	1	2	3	Promedio	
Temperatura (°C)	21	21	21		
A: Masa de la muestra seca al horno (g)	850.6	994.5	898.6		
B: Masa de la muestra saturada superficialmente seca SSS (g)	896.0	1036.0	953.9		
C: Masa de la muestra saturada superficialmente seca SSS despues de Ebullición en agua (g)	897.4	1037.4	956.1		
D: Masa aparente de la muestra sumergida en agua (g)	511.1	599.6	536.7		
Absorción después de inmersión, %	$= \frac{(B-A)}{A} \times 100$	5.337	4.173	6.154	5.221
Absorción después de inmersión y ebullición, %	$= \frac{(C-A)}{A} \times 100$	5.502	4.314	6.399	5.405
Densidad seca global (o bruta), g/cm3	$g_1 = \frac{A}{(C-D)} \cdot \rho$	2.202	2.272	2.143	2.205
Densidad seca global (o bruta) después de inmersión, g/cm3	$= \frac{B}{(C-D)} \cdot \rho$	2.319	2.366	2.274	2.320
Densidad seca global (o bruta) después de inmersión y ebullición, g/cm3	$= \frac{C}{(C-D)} \cdot \rho$	2.323	1.740	1.798	1.954
Densidad aparente, g/cm3	$g_2 = \frac{A}{(A-D)} \cdot \rho$	2.505	2.518	2.483	2.502
Volumen de vacios (espacio de poros permeables), %	$= \frac{(g_2 - g_1)}{g_2} \times 100$	12.115	9.799	13.710	11.875
O bien %	$= \frac{(C-A)}{(C-D)} \times 100$	12.115	9.799	13.710	11.875

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS CORRESPONDEN A LAS MUESTRAS PATRÓN

LABORATORIO	
 TM EUROPA E.I.R.L. Suelos, Concreto y Pavimentos WILMER TRUJILLO MENDOZA <small>Especialista en Geotécnica</small> Ingeniero Civil - C.I.P.M. 117709	 TM EUROPA E.I.R.L. Hilken Stephani Horna Reyes GERENTE GENERAL
REALIZÓ	APROBÓ

	DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA, ABSORCIÓN Y VACIOS EN EL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C642			CÓDIGO:	1
				FECHA:	ENERO 2025
	REVISIÓN:	WTM	PÁGINA: 1 DE: 1		
	SOLICITANTE: BACH. OSCAR SIMON ALBORNOZ CHAVARRIA BACH. JAHIR ALEJANDRO SANTIAGO PAYCO				
TESIS: "SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE RESIDUOS CERÁMICOS CALCINADOS EN PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO, BARRANCA, 2024"	INFORME: 014-2025/TM EUROPA FECHA DE ENSAYO: del 04 al 08 de Enero 2025 FECHA DE EMISIÓN: 08 de Enero 2025				
LOCALIZACIÓN: BARRANCA - BARRANCA - LIMA	MUESTRA: Concreto Endurecido				
DESCRIPCIÓN: LAS MUESTRAS PATRÓN FUERON EXTRAIDAS DE LAS PROBETAS CILINDRICAS FABRICADAS POR EL SOLICITANTE					
CONCRETO ENDURECIDO: MUESTRA PATRÓN					
Prueba. No.	1	2	3	Promedio	
Temperatura (°C)	21	21	21		
A: Masa de la muestra seca al horno (g)	850.6	994.5	898.6		
B: Masa de la muestra saturada superficialmente seca SSS (g)	896.0	1036.0	953.9		
C: Masa de la muestra saturada superficialmente seca SSS después de Ebullición en agua (g)	897.4	1037.4	956.1		
D: Masa aparente de la muestra sumergida en agua (g)	511.1	599.6	536.7		
Absorción después de inmersión, %	$= \frac{(B-A)}{A} \times 100$	5.337	4.173	6.154	5.221
Absorción después de inmersión y ebullición, %	$= \frac{(C-A)}{A} \times 100$	5.502	4.314	6.399	5.405
Densidad seca global (o bruta), g/cm ³	$g_1 = \frac{A}{(C-D)} \cdot \rho$	2.202	2.272	2.143	2.205
Densidad seca global (o bruta) después de inmersión, g/cm ³	$= \frac{B}{(C-D)} \cdot \rho$	2.319	2.366	2.274	2.320
Densidad seca global (o bruta) después de inmersión y ebullición, g/cm ³	$= \frac{C}{(C-D)} \cdot \rho$	2.323	1.740	1.798	1.954
Densidad aparente, g/cm ³	$g_2 = \frac{A}{(A-D)} \cdot \rho$	2.505	2.518	2.483	2.502
Volumen de vacíos (espacio de poros permeables), %	$= \frac{(g_2 - g_1)}{g_2} \times 100$	12.115	9.799	13.710	11.875
O bien %	$= \frac{(C-A)}{(C-D)} \times 100$	12.115	9.799	13.710	11.875
OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS CORRESPONDEN A LAS MUESTRAS PATRÓN					
LABORATORIO					
 TM EUROPA E.I.R.L. Suelos, Concreto y Pavimentos WILMER TRUJILLO MENDOZA Especialista en Geotecnia Ingeniero Civil - C.I.P.M.° 117709		 TM EUROPA E.I.R.L. Helén Staphani Horna Reyes GERENTE GENERAL			
REALIZÓ		APROBÓ			

	DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA, ABSORCIÓN Y VACIOS EN EL CONCRETO ENDURECIDO			CÓDIGO: 1	
	ASTM C642			FECHA: ENERO 2025	
				REVISIÓN: WTM	
				PAGINA: 1 DE: 1	
SOLICITANTE:	BACH. OSCAR SIMON ALBORNOZ CHAVARRIA BACH. JAHIR ALEJANDRO SANTIAGO PAYCO		INFORME:	016-2025/TM EUROPA	
TESIS:	"SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE RESIDUOS CERÁMICOS CALCINADOS EN PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO, BARRANCA, 2024"		FECHA DE ENSAYO:	del 04 al 08 de Enero 2025	
LOCALIZACIÓN:	BARRANCA - BARRANCA - LIMA		FECHA DE EMISIÓN:	08 de Enero 2025	
DESCRIPCIÓN:	LAS MUESTRAS FUERON EXTRAIDAS DE LAS PROBETAS CILINDRICAS FABRICADAS POR EL SOLICITANTE		MUESTRA:	Concreto Endurecido	
CONCRETO ENDURECIDO: MUESTRAS SUSTITUIDAS POR POLVO DE RESIDUOS CERAMICOS CALCINADOS AL 14%					
Prueba. No.	1	2	3	Promedio	
Temperatura (°C)	21	21	21		
A: Masa de la muestra seca al horno (g)	925.5	920.9	815.6		
B: Masa de la muestra saturada superficialmente seca SSS (g)	964.3	963.9	861.9		
C: Masa de la muestra saturada superficialmente seca SSS despues de Ebullición en agua (g)	969.5	969.5	868.1		
D: Masa aparente de la muestra sumergida en agua (g)	563.8	556.3	488.4		
Absorción después de inmersión, %	$= \frac{(B-A)}{A} \times 100$	4.192	4.669	5.677	4.846
Absorción después de inmersión y ebullición, %	$= \frac{(C-A)}{A} \times 100$	4.754	5.277	6.437	5.490
Densidad seca global (o bruta), g/cm3	$\rho_1 = \frac{A}{(C-D)} \cdot \rho$	2.281	2.229	2.148	2.219
Densidad seca global (o bruta) después de inmersión, g/cm3	$= \frac{B}{(C-D)} \cdot \rho$	2.377	2.333	2.270	2.327
Densidad seca global (o bruta) después de inmersión y ebullición, g/cm3	$= \frac{C}{(C-D)} \cdot \rho$	2.390	1.747	1.785	1.974
Densidad aparente, g/cm3	$\rho_2 = \frac{A}{(A-D)} \cdot \rho$	2.559	2.526	2.493	2.526
Volumen de vacíos (espacio de poros permeables), %	$= \frac{(\rho_2 - \rho_1)}{\rho_2} \times 100$	10.845	11.762	13.827	12.145
O bien %	$= \frac{(C-A)}{(C-D)} \times 100$	10.845	11.762	13.827	12.145
OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS CORRESPONDEN A LAS MUESTRAS SUSTITUIDAS POR POLVO DE RESIDUOS CERAMICOS CALCINADOS AL 14%					
LABORATORIO					
 TM EUROPA E.I.R.L. Suelos, Concreto y Pavimentos WILMER TRUJILLO MENDOZA Especialista en Geotecnia Ingeniero Civil - C.I.P.M.º 117709		 TM EUROPA E.I.R.L. Hellen Stephani Horna Reyes GERENTE GENERAL			
REALIZÓ		APROBÓ			

	DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA, ABSORCIÓN Y VACIOS EN EL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C642			CÓDIGO:	1
				FECHA:	ENERO 2025
	REVISIÓN:	WTM	PAGINA:	1 DE: 1	
SOLICITANTE:	BACH. OSCAR SIMON ALBORNOZ CHAVARRIA BACH. JAHIR ALEJANDRO SANTIAGO PAYCO			INFORME:	016-2025/TM EUROPA
TESIS:	"SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE RESIDUOS CERÁMICOS CALCINADOS EN PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO, BARRANCA, 2024"			FECHA DE ENSAYO:	del 04 al 08 de Enero 2025
LOCALIZACIÓN:	BARRANCA - BARRANCA - LIMA			FECHA DE EMISIÓN:	08 de Enero 2025
DESCRIPCIÓN:	LAS MUESTRAS FUERON EXTRAIDAS DE LAS PROBETAS CILINDRICAS FABRICADAS POR EL SOLICITANTE			MUESTRA:	Concreto Endurecido
CONCRETO ENDURECIDO: MUESTRAS SUSTITUIDAS POR POLVO DE RESIDUOS CERAMICOS CALCINADOS AL 14%					
Prueba. No.	1	2	3	Promedio	
Temperatura (°C)	21	21	21		
A: Masa de la muestra seca al horno (g)	925.5	920.9	815.6		
B: Masa de la muestra saturada superficialmente seca SSS (g)	964.3	963.9	861.9		
C: Masa de la muestra saturada superficialmente seca SSS despues de Ebullición en agua (g)	969.5	969.5	868.1		
D: Masa aparente de la muestra sumergida en agua (g)	563.8	556.3	488.4		
Absorción después de inmersión, %	$= \frac{(B-A)}{A} \times 100$	4.192	4.669	5.677	4.846
Absorción después de inmersión y ebullición, %	$= \frac{(C-A)}{A} \times 100$	4.754	5.277	6.437	5.490
Densidad seca global (o bruta), g/cm3	$g1 = \left(\frac{A}{(C-D)} \right) \cdot \rho$	2.281	2.229	2.148	2.219
Densidad seca global (o bruta) después de inmersión, g/cm3	$= \left(\frac{B}{(C-D)} \right) \cdot \rho$	2.377	2.333	2.270	2.327
Densidad seca global (o bruta) después de inmersión y ebullición, g/cm3	$= \left(\frac{C}{(C-D)} \right) \cdot \rho$	2.390	1.747	1.785	1.974
Densidad aparente, g/cm3	$g2 = \left(\frac{A}{(A-D)} \right) \cdot \rho$	2.559	2.526	2.493	2.526
Volumen de vacíos (espacio de poros permeables), %	$= \frac{(g2-g1)}{g2} \times 100$	10.845	11.762	13.827	12.145
O bien %	$= \frac{(C-A)}{(C-D)} \times 100$	10.845	11.762	13.827	12.145
OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS CORRESPONDEN A LAS MUESTRAS SUSTITUIDAS POR POLVO DE RESIDUOS CERAMICOS CALCINADOS AL 14%					
LABORATORIO					
 TM EUROPA E.I.R.L. Suelos, Concreto y Pavimentos WILMER TRUJILLO MENDOZA Especialista en Geotécnica Ingeniero Civil - C.I.P.N° 117709			 TM EUROPA E.I.R.L. Hellen Stephani Horna Reyes GERENTE GENERAL		
REALIZÓ			APROBÓ		

ANEXO N°10
BASE DE DATOS (RESIDUALES) DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS
DEL CONCRETO

- *Base de datos (residuales) para la propiedad física de Consistencia*

Trabajabilidad	Porcentajes	RES_1
124.00	PATRÓN	2.67
122.00	PATRÓN	0.67
118.00	PATRÓN	-3.33
131.00	12% RCC	1.67
130.00	12% RCC	0.67
127.00	12% RCC	-2.33
150.00	14% RCC	3.00
147.00	14% RCC	0.00
144.00	14% RCC	-3.00
154.00	16% RCC	2.67
152.00	16% RCC	0.67
148.00	16% RCC	-3.33

- *Base de datos (residuales) para la propiedad física de Absorción*

Absorción	Porcentajes	RES_1
5.34	PATRÓN	0.12
4.29	12% RCC	-0.05
4.19	14% RCC	-0.65
4.04	16% RCC	-0.38
4.17	PATRÓN	-1.05
4.30	12% RCC	-0.04
4.67	14% RCC	-0.18
4.75	16% RCC	0.32
6.15	PATRÓN	0.93
4.42	12% RCC	0.09
5.68	14% RCC	0.83
4.48	16% RCC	0.06

- *Base de datos (residuales) para la propiedad física de Densidad*

Densidad	Porcentajes	RES_1
2505.00	PATRÓN	3.00
2533.00	12% RCC	4.67
2559.00	14% RCC	33.00
2528.00	16% RCC	-33.00
2518.00	PATRÓN	16.00
2554.00	12% RCC	25.67
2526.00	14% RCC	0.00
2577.00	16% RCC	16.00
2483.00	PATRÓN	-19.00
2498.00	12% RCC	-30.33
2493.00	14% RCC	-33.00
2578.00	16% RCC	17.00

- *Base de datos (residuales) para la propiedad física de Porosidad*

Porosidad	Porcentajes	RES_1
12.12	PATRÓN	0.24
10.36	12% RCC	-0.05
10.85	14% RCC	-1.30
9.65	16% RCC	-0.98
9.80	PATRÓN	-2.08
10.57	12% RCC	0.16
11.76	14% RCC	-0.38
11.41	16% RCC	0.78
13.71	PATRÓN	1.84
10.30	12% RCC	-0.11
13.83	14% RCC	1.68
10.83	16% RCC	0.20

- *Base de datos (residuales) para la propiedad mecánica de Resistencia a la compresión*

RC	Porcentajes	RES_1
303.41	PATRÓN	14.49
277.37	PATRÓN	-11.55
285.97	PATRÓN	-2.95
278.02	12% RCC	0.61
268.35	12% RCC	-9.06
285.86	12% RCC	8.45
285.74	14% RCC	-4.39
290.72	14% RCC	0.59
293.93	14% RCC	3.80
189.22	16% RCC	-15.47
215.32	16% RCC	10.63
209.54	16% RCC	4.85

ANEXO N°11
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS DE LABORATORIO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CA-F-0171-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 4

1. Expediente	0723		
2. Solicitante	TM EUROPA GEOTECNIA Y CONSULTORÍA E.I.R.L.		
3. Dirección	JR. ZAVALA NRO. 321 INT. 4 OTR. URBANA (A UNA CUADRA DE LA MUNICIPALIDAD) LIMA - BARRANCA - BARRANCA		
4. Instrumento calibrado	MAQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL (PRENSA DE CONCRETO)		
Marca	PERUTEST		
Modelo	STYE-2000		
N° de serie	210539		
Identificación	NO INDICA		
Procedencia	CHINA		
Intervalo de indicación	0 kN a 2000 kN		
Resolución	0,01 kN		
Clase de exactitud	NO INDICA		
Modo de fuerza	Compresión		
Indicador Digital			
Marca	NO INDICA	Serie	NO INDICA
Modelo	RFP-03	Resolución	0,01 kN
Transductor de Presión			
Marca	NO INDICA	Serie	6429
Modelo	ZY-2C		
5. Fecha de calibración	2024-09-17		

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

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.



Fecha de Emisión

2024-09-20



Firmado digitalmente por:
ASTETE SORIANO LUCIO FIR
42817546 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 20/09/2024 12:01:45-0500



Jefe de Laboratorio

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-0171-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 4

6. Método de calibración

La calibración se realiza por comparación directa entre el valor de fuerza indicada en el dispositivo indicador de la máquina a ser calibrada y la indicación de fuerza real tomada del instrumento de medición de fuerza patrón siguiendo la PC-032 "Procedimiento para la calibración de máquinas de ensayos uniaxiales" Edición 01 del INACAL - DM

7. Lugar de calibración

Instalaciones de TM EUROPA GEOTECNIA Y CONSULTORÍA E.I.R.L. ubicado en Jr. Zavala Nro. 335 Psj. Belen - Barranca

8. Condiciones de calibración

	Inicial	Final
Temperatura	19,0 °C	18,9 °C
Humedad relativa	73 %	73 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PUCP	Celda de carga de 150 t con una incertidumbre de 272 kg	INF-LE N° 070-24 B

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- El instrumento a calibrar no indica la clase, sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase 1 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-0171-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 4

11. Resultados de medición

Indicación de la máquina de ensayo		Indicación del transductor de fuerza patrón					Error de medición kN	
		1ra Serie	2da Serie	3ra Serie		4ta Serie Accesorios		Promedio kN
		Ascenso kN	Ascenso kN	Ascenso kN	Descenso kN	Ascenso kN		
%	kN							
10	100,00	100,82	100,92	100,72	--	--	100,82	-0,82
20	200,00	201,07	201,36	201,02	--	--	201,15	-1,15
30	300,00	300,49	302,45	301,86	--	--	301,60	-1,60
40	400,00	400,69	402,25	402,20	--	--	401,72	-1,72
50	500,00	500,44	502,25	501,72	--	--	501,47	-1,47
60	600,00	600,34	602,25	601,57	--	--	601,39	-1,39
70	700,00	700,33	702,44	701,36	--	--	701,38	-1,38
80	800,00	800,32	802,53	801,26	--	--	801,37	-1,37
90	900,00	900,46	902,91	902,22	--	--	901,86	-1,86
100	1000,00	1000,44	1003,44	1000,63	--	--	1001,50	-1,50

Indicación de la máquina de ensayo		Errores relativos de medición					Incertidumbre de medición relativa %
		Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad	Resolución relativa	Error con accesorios	
		q %	b %	v %	a %	%	
%	kN						
10	100	-0,81	0,19	--	0,01	--	0,94
20	200	-0,57	0,17	--	0,01	--	0,54
30	300	-0,53	0,65	--	0,00	--	0,56
40	400	-0,43	0,39	--	0,00	--	0,44
50	500	-0,29	0,36	--	0,00	--	0,40
60	600	-0,23	0,32	--	0,00	--	0,37
70	700	-0,20	0,30	--	0,00	--	0,36
80	800	-0,17	0,28	--	0,00	--	0,34
90	900	-0,21	0,27	--	0,00	--	0,34
100	1000	-0,15	0,30	--	0,00	--	0,35

Clase de la escala de la máquina de ensayo	Valor máximo permitido (ISO 7500 - 1)				
	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad	Resolución relativa	Cero f ₀
	q %	b %	v %	a %	%
0,5	± 0,50	0,5	± 0,75	± 0,25	± 0,05
1	± 1,00	1,0	± 1,50	± 0,50	± 0,10
2	± 2,00	2,0	± 3,00	± 1,00	± 0,20
3	± 3,00	3,0	± 4,50	± 1,50	± 0,30

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f ₀)	0,00 %
---	--------



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC



CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

**CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS**

RUC: 20606479680

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-F-0171-2024**

*Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza*

Página 4 de 4

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-075-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 7

1. **Expediente:** 0723
2. **Solicitante:** TM EUROPA GEOTECNIA Y CONSULTORÍA E.I.R.L.
3. **Dirección:** JR. ZAVALA NRO. 321 INT. 4 OTR. URBANA (A UNA CUADRA DE LA MUNICIPALIDAD) LIMA - BARRANCA - BARRANCA
4. **Equipo:** HORNO DE SECADO
Marca: TECNICAS CP
Modelo: STHX-1A
N° de serie: 13025
Procedencia: NO INDICA
Identificación: NO INDICA
Ubicación: LABORATORIO DE MATERIALES

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

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Descripción	Dispositivo de control	Instrumento de medición
Intervalo de indicación	0 °C a 300 °C	0 °C a 300 °C
Resolución	0,1 °C	0,1 °C
Tipo	DIGITAL	NO INDICA

5. **Fecha de calibración** 2024-09-17



Fecha de Emisión

2024-09-20



Escaneas el QR para ver el certificado de calibración



Firmado digitalmente por:
ASTETE SORIANO LUCIO FIR
42817546 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 20/09/2024 12:28:54-0500



Jefe del Laboratorio

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-075-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 2 de 7

6. Método de calibración

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros calibrados que tiene trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT 90), se utilizó el Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con aire como Medio Temostático PC-018 2da edición.

7. Lugar de calibración

Instalaciones de TM EUROPA GEOTECNIA Y CONSULTORÍA E.I.R.L. ubicado en Jr. Zavala Nro. 335 Psj. Belen - Barranca

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	19,5 °C	19,6 °C
Humedad relativa	73,9 %	73,9 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
MSG	Termómetro digital con 10 sensores tipo K (CH01 al CH12) con incertidumbre en el orden de 0,11 °C a 0,14 °C	LTT24-0182

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.
- Antes de la calibración no se realizó algún tipo de ajuste.
- La tensión eléctrica del equipo es 218 VAC
- La carga para la medición fue de 50 % y consistió de 4 recipientes con muestra



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-075-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 7

11. Resultados de la medición

Temperatura ambiental promedio 19,6 °C
Tiempo de calentamiento y estabilización del equipo 2 horas
El controlador se seteó en 105 °C

TEMPERATURA DE TRABAJO DE 105 °C ± 5 °C

Tiempo min	Tem. del equipo °C	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T. prom °C	T _{máx} - T _{mín} °C
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	105,0	104,3	106,8	103,2	103,3	104,7	103,8	107,8	105,5	103,2	105,4	104,8	4,7
02	104,9	104,1	106,9	103,3	103,3	104,5	103,8	108,0	105,6	103,4	105,6	104,8	4,8
04	105,0	104,4	106,7	103,2	103,6	104,8	103,9	107,6	105,5	103,3	105,5	104,8	4,5
06	105,0	104,3	106,9	103,3	103,5	104,8	104,0	108,0	105,6	103,5	105,6	104,9	4,8
08	105,0	104,4	106,8	103,3	103,6	104,9	104,0	107,8	105,6	103,3	105,5	104,9	4,6
10	105,0	104,5	106,9	103,3	103,5	104,8	104,0	107,9	105,6	103,4	105,5	104,9	4,7
12	105,0	104,4	107,0	103,4	103,5	104,9	104,1	108,1	105,8	103,5	105,7	105,0	4,8
14	105,0	104,5	106,8	103,3	103,7	104,8	104,1	107,7	105,7	103,5	105,7	105,0	4,5
16	105,0	104,4	106,9	103,4	103,5	104,8	104,0	108,0	105,8	103,6	105,7	105,0	4,7
18	105,0	104,5	106,9	103,4	103,6	104,9	104,0	107,9	105,8	103,6	105,7	105,0	4,6
20	105,0	104,2	107,0	103,5	103,7	104,7	104,1	108,1	105,9	103,7	105,7	105,0	4,7
22	105,0	104,4	106,9	103,4	103,7	104,9	104,1	107,8	105,8	103,5	105,8	105,0	4,5
24	105,0	104,6	107,0	103,4	103,8	104,9	104,2	108,0	105,9	103,6	105,8	105,1	4,7
26	105,0	104,4	107,0	103,5	103,7	104,9	104,1	108,0	105,9	103,6	105,9	105,1	4,6
28	105,0	104,4	106,9	103,5	103,7	104,9	104,2	108,0	105,8	103,5	105,7	105,0	4,6
30	105,0	104,5	106,8	103,4	103,7	104,9	104,1	107,9	105,7	103,5	105,7	105,0	4,6
32	105,0	104,5	106,6	103,4	103,9	104,9	104,1	107,5	105,5	103,4	105,6	104,9	4,2
34	105,0	104,5	106,7	103,3	103,7	104,9	104,0	107,6	105,5	103,6	105,7	104,9	4,4
36	105,0	104,5	107,0	103,5	103,8	104,9	104,1	107,9	105,8	103,6	105,7	105,1	4,5
38	105,0	104,4	106,9	103,5	103,6	104,9	104,0	107,9	105,7	103,7	105,7	105,0	4,5
40	105,0	104,6	107,3	103,6	103,6	104,9	104,2	108,3	105,9	104,1	106,0	105,2	4,8
42	105,0	104,7	107,1	103,5	103,8	104,9	104,1	108,0	105,7	104,0	106,1	105,2	4,6
44	105,0	104,6	107,0	103,4	103,7	104,9	104,2	108,0	105,7	103,8	105,9	105,1	4,7
46	105,0	104,6	106,8	103,4	103,8	104,9	104,1	107,7	105,6	103,7	105,8	105,0	4,4
48	105,0	104,5	107,0	103,5	103,7	104,8	104,0	108,0	105,8	103,9	105,9	105,1	4,6
50	105,0	104,4	107,3	103,7	103,7	104,8	104,2	108,4	106,1	103,9	106,0	105,2	4,8
52	105,0	104,6	107,3	103,7	103,7	104,9	104,2	108,4	106,2	104,0	106,1	105,3	4,8
54	105,0	104,6	107,2	103,7	103,8	104,9	104,2	108,3	106,2	103,9	106,1	105,3	4,7
56	105,0	104,6	107,3	103,8	103,6	104,9	104,2	108,4	106,1	103,9	106,0	105,3	4,9
58	105,0	104,5	107,0	103,6	103,7	104,9	104,2	108,2	105,9	103,9	105,9	105,2	4,7
60	105,0	104,6	107,0	103,5	103,6	104,9	104,2	108,1	106,1	103,8	105,8	105,1	4,7
T. PROM		104,4	107,0	103,4	103,6	104,8	104,1	108,0	105,8	103,6	105,7	105,0	
Temp. máxima		104,7	107,3	103,8	103,9	104,9	104,2	108,4	106,2	104,1	106,1		
Temp. mínima		104,1	106,6	103,2	103,3	104,5	103,8	107,5	105,5	103,2	105,4		
DTT		0,6	0,7	0,6	0,6	0,5	0,4	0,9	0,7	0,9	0,7		

Revisión 00



☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-075-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 4 de 7

PARÁMETROS	Valor °C	Incertidumbre °C
Máxima Temperatura medida	108,4	0,3
Mínima Temperatura medida	103,2	0,4
Desviación de Temperatura en el Tiempo	0,9	0,1
Desviación de Temperatura en el Espacio	4,6	0,4
Estabilidad medida	0,45	0,05
Uniformidad medida	4,9	0,4

- T. PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T. prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.
T_{MAX} : Temperatura máxima.
T_{MIN} : Temperatura mínima.
DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "**desviación de temperatura en el tiempo**" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "**desviación de temperatura en el espacio**" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isotermo : 0,06 °C

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La Estabilidad es considerada igual a $\pm 1/2$ DTT.

**Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el medio isotermo
CUMPLE con los límites especificados de temperatura**



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

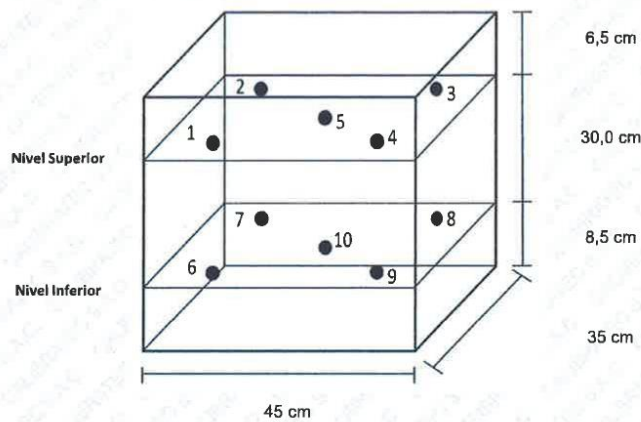
📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-075-2024**

Página 5 de 7

DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES DEL EQUIPO



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.
Los sensores del 1 al 5 están ubicados a 1,5 cm por encima de la carga más alta
Los sensores del 6 al 10 están ubicados a 1,5 cm por debajo de la parrilla inferior
Los sensores del 1 al 4 y 6 al 9 están ubicados 7,5 cm de las paredes laterales y a 6 cm del frente y fondo del equipo.

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estandar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
📌 CALIBRATEC SAC

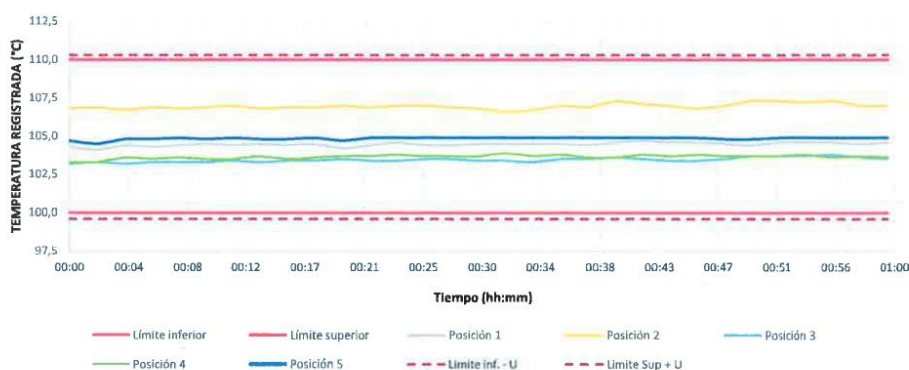
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-075-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 6 de 7

TEMPERATURA DE TRABAJO DE 105 °C ± 5 °C

NIVEL SUPERIOR



NIVEL INFERIOR



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
📌 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-075-2024

Página 7 de 7

FOTOGRAFÍA INTERNA DEL EQUIPO



FIN DEL DOCUMENTO



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-0362-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente	0723	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	TM EUROPA GEOTECNIA Y CONSULTORÍA EIRL	
3. Dirección	JR. ZAVALA NRO. 321 INT. 4 OTR. URBANA (A UNA CUADRA DE LA MUNICIPALIDAD) LIMA - BARRANCA - BARRANCA	
4. Instrumento calibrado	BALANZA ELECTRÓNICA	
Marca	A&A INSTRUMENTS	
Modelo	WT600010FE	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
N° de serie	111202203	
Identificación	NO INDICA	
Procedencia	NO INDICA	
Capacidad máxima:	6000 g	
División de escala (d)	0,1 g	
Div. de verificación (e)	0,1 g	
Capacidad mínima	2 g	
Clase de exactitud	II	
5. Fecha de calibración	2024-09-17	

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2024-09-20



Escanee el QR para ver el certificado de calibración.



Firmado digitalmente por:
ASTETE SORIANO LUCIO FIR
42817546 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 20/09/2024 18:57:45-0500

Jefe de Laboratorio



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-0362-2024

*Área de Metrología
Laboratorio de Masas*

Página 2 de 4

6. Método de calibración:

La calibración se realiza por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones siguiendo el procedimiento PC-011 "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y II" (Edición 04) de INDECOPÍ

7. Lugar de calibración

Instalaciones de TM EUROPA GEOTECNIA Y CONSULTORÍA E.I.R.L. ubicado en Jr. Zavala Nro. 335 Psj. Belen - Barranca

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	19,0 °C	19,5 °C
Humedad relativa	78 %	79 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESATEC	Juego de pesas de 1 mg a 1 kg de clase F1	1114-MPES-C-2024
PESATEC	Juego de pesas de 1 kg a 5 kg de clase F1	1113-MPES-C-2024

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- En el caso de ser necesario, ajustar la indicación en cero antes de cada medición.
- Se realizó el ajuste de las indicaciones de la balanza antes de la calibración. (Para la carga de 5000 g la balanza indicaba 5000,8 g)
- La división de verificación "e", la capacidad mínima y la clase de exactitud ha sido determinado según la NMP-003 "Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático"
- Los resultados declarados en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la página 1.
- En coordinación con el cliente, la variación de temperatura es 12 °C
- Se ha considerado como coeficiente de deriva de temperatura a 0,00001 °C⁻¹ según el procedimiento de calibración
- El cliente no cuenta con pesas patrones para realizar el ajuste de la balanza.
- El cliente no cuenta con la información de los certificados anteriores para la balanza a calibrar. Por lo tanto, la contribución de la incertidumbre de la deriva de la balanza no será considerada.
- El laboratorio de CALIBRATEC S.A.C. no se hace responsable de los datos suministrados por el cliente.



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LM-0362-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Inspección Visual

Ajuste a cero	Tiene	Escala	No tiene
Oscilación libre	Tiene	Cursor	No tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de traba	No tiene		

12. Resultados de la medición

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	19,0 °C	19,0 °C

	Inicial	Final
Humedad	78,0 %	78,0 %

Carga L1	3 000,00 g	
I	ΔL	E
g	g	g
3 000,0	0,05	0,00
3 000,1	0,07	0,08
3 000,0	0,07	-0,02
3 000,0	0,07	-0,02
3 000,0	0,05	0,00
3 000,0	0,05	0,00
3 000,0	0,05	0,00
3 000,0	0,05	0,00
3 000,1	0,06	0,09
3 000,0	0,05	0,00
3 000,1	0,06	0,09
Dif Máx. Encontrada	0,11	
EMP	0,3	

Carga L2	6 000,01 g	
I	ΔL	E
g	g	g
6 000,0	0,05	-0,01
6 000,0	0,07	-0,03
6 000,0	0,07	-0,03
6 000,1	0,07	0,07
6 000,0	0,05	-0,01
6 000,0	0,05	-0,01
6 000,0	0,05	-0,01
6 000,0	0,05	-0,01
6 000,0	0,05	-0,01
6 000,0	0,05	-0,01
6 000,0	0,06	-0,02
Dif Máx. Encontrada	0,10	
EMP	0,3	

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



	Inicial	Final
Temperatura	19,0 °C	19,4 °C

	Inicial	Final
Humedad	78,0 %	78,0 %



Pos. Carga	Determinación del Error en Cero E ₀				Determinación del Error Corregido Ec				
	C. mínima g	I g	ΔL g	E ₀ g	Carga L g	I g	ΔL g	E g	Ec g
1	1,00	0,9	0,05	-0,10	1 800,00	1 800,0	0,07	-0,02	0,08
2		1,0	0,06	-0,01		1 800,0	0,07	-0,02	-0,01
3		1,0	0,06	-0,01		1 800,0	0,05	0,00	0,01
4		1,0	0,05	0,00		1 800,0	0,07	-0,02	-0,02
5		0,9	0,06	-0,11		1 799,9	0,05	-0,10	0,01
Error máximo permitido (±)									0,2

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-0362-2024

*Área de Metrología
Laboratorio de Masas*

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final		Inicial	Final
Temperatura	19,4 °C	19,5 °C	Humedad	78,0 %	79,0 %

Carga L g	Carga creciente				Carga decreciente				EMP g
	I g	ΔL g	E g	Ec g	I g	ΔL g	E g	Ec g	
E ₀ 1,00	1,0	0,05	0,00						
2,00	2,0	0,05	0,00	0,00	1,9	0,08	-0,13	-0,13	0,1
200,00	200,0	0,05	0,00	0,00	200,0	0,07	-0,02	-0,02	0,1
500,00	500,0	0,05	0,00	0,00	499,9	0,07	-0,12	-0,12	0,1
1 200,00	1 200,0	0,06	-0,01	-0,01	1 199,9	0,07	-0,12	-0,12	0,2
2 000,00	2 000,0	0,06	-0,01	-0,01	1 999,9	0,07	-0,12	-0,12	0,2
3 000,00	3 000,0	0,07	-0,02	-0,02	2 999,8	0,09	-0,24	-0,24	0,3
4 000,00	3 999,9	0,08	-0,13	-0,13	3 999,9	0,07	-0,12	-0,12	0,3
4 800,01	4 800,0	0,05	-0,01	-0,01	4 799,9	0,05	-0,11	-0,11	0,3
5 400,01	5 400,0	0,06	-0,02	-0,02	5 399,9	0,07	-0,13	-0,13	0,3
6 000,01	5 999,9	0,06	-0,12	-0,12	5 999,9	0,06	-0,12	-0,12	0,3

L: Carga puesta sobre la plataforma de la balanza
I: Lectura de indicación de la balanza
E: Error encontrado
EMP: Error máximo permitido

E₀: Error en cero
Ec: Error corregido
ΔL: Carga incrementada

Incertidumbre expandida de medición

$$U_R = 2 \times \sqrt{0,0078 \text{ g}^2 + 0,0000000016 \text{ * R}^2}$$

Lectura corregida de la balanza

$$R_{\text{corregida}} = R + 0,000013 \text{ * R}$$

R: Indicación de la lectura de la balanza en g

13. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración.

FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00



RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 0103 - 2023

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente	039-2023
2. Solicitante	TRUJILLO MENDOZA WILMER
3. Dirección	JR. ZAVALA 335 INT. 8 - BARRANCA - BARRANCA - LIMA
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA
Capacidad Máxima	30000 g
División de escala (d)	1 g
Div. de verificación (e)	1 g
Clase de exactitud	III
Marca	OHAUS
Modelo	EB30
Número de Serie	8033082152
Capacidad mínima	20 g
Procedencia	CHINA
Identificación	NO INDICA

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

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

5. Fecha de Calibración **2023-03-04**

Fecha de Emisión
2023-02-05

Jefe del Laboratorio de Metrología



MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 0103 - 2023

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente	039-2023	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	TRUJILLO MENDOZA WILMER	
3. Dirección	JR. ZAVALA 335 INT. 8 - BARRANCA - BARRANCA - LIMA	
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Capacidad Máxima	30000 g	
División de escala (d)	1 g	
Div. de verificación (e)	1 g	
Clase de exactitud	III	
Marca	OHAUS	
Modelo	EB30	
Número de Serie	8033082152	
Capacidad mínima	20 g	
Procedencia	CHINA	
Identificación	NO INDICA	
5. Fecha de Calibración	2023-03-04	

Fecha de Emisión
2023-02-05

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello



MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES



☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623
☎ 913 028 624

☎ Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
☎ comercial@calibratec.com.pe
📍 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 0103 - 2023

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1 = 15,000 g			Carga L2 = 30,000 g			
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	
1	15,000	0.4	0.1	30,001	0.8	0.7	
2	14,999	0.2	-0.7	30,000	0.5	0.0	
3	15,000	0.6	-0.1	29,999	0.2	-0.7	
4	15,000	0.6	-0.1	30,000	0.4	0.1	
5	15,000	0.5	0.0	30,000	0.5	0.0	
6	15,000	0.5	0.0	29,999	0.5	-1.0	
7	15,000	0.4	0.1	30,001	0.7	0.8	
8	14,999	0.3	-0.8	30,000	0.5	0.0	
9	15,000	0.5	0.0	30,000	0.5	0.0	
10	15,000	0.5	0.0	29,999	0.3	-0.8	
Diferencia Máxima			0.9	Diferencia Máxima			1.8
Error Máximo Permissible			± 3.0	Error Máximo Permissible			± 3.0



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

2	5
1	
3	4

Posición de las cargas

Temperatura	Inicial	Final
	20.5 °C	20.6 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	10 g	10	0.5	0.0	10,000	10,000	0.8	-0.1	-0.1
2		10	0.6	-0.1		10,000	0.5	0.0	0.1
3		10	0.6	-0.1		9,999	0.2	-0.7	-0.6
4		10	0.5	0.0		10,000	0.5	0.0	0.0
5		10	0.5	0.0		10,000	0.5	0.0	0.0
Error máximo permisible									± 3.0

* Valor entre 0 y 10e



☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623
☎ 913 028 624

☎ Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 0103 - 2023

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	20.5 °C	20.6 °C

Carga L (g)	CRECIENTES			Ec (g)	DECRECIENTES				e.m.p ** (± g)
	l (g)	ΔL (g)	E (g)		l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
10	10	0.8	-0.3						
20	20	0.6	-0.1	0.2	20	0.5	0.0	0.3	1.0
100	100	0.4	0.1	0.4	100	0.6	-0.1	0.2	1.0
500	500	0.9	-0.4	-0.1	500	0.4	0.1	0.4	2.0
1,000	1,000	0.5	0.0	0.3	1,000	0.8	-0.3	0.0	2.0
5,000	5,000	0.6	-0.1	0.2	5,000	0.9	-0.4	-0.1	3.0
10,000	10,000	0.5	0.0	0.3	10,000	0.5	0.0	0.3	3.0
15,000	15,000	0.4	0.1	0.4	15,000	0.2	0.3	0.6	3.0
20,000	20,000	0.5	0.0	0.3	20,000	0.6	-0.1	0.2	3.0
25,000	24,999	0.2	-0.7	-0.4	25,000	0.5	0.0	0.3	3.0
30,000	29,999	0.3	-0.8	-0.5	29,999	0.2	-0.7	-0.4	3.0

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza. ΔL: Carga adicional. E₀: Error en cero.
l: Indicación de la balanza. E: Error encontrado. E_c: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición $U = 2 \times \sqrt{(0.5618333 \text{ g}^2 + 0.00000000037 \text{ R}^2)}$

Lectura corregida $R_{\text{CORREGIDA}} = R + 0.0000046 R$

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento



☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623
☎ 913 028 624

☎ Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISI3N S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACI3N

CERTIFICADO DE CALIBRACI3N N° LT-457-2023

Página : 1 de 2

Expediente : 246-2023
Fecha de emisi3n : 2023 - 12 - 15

1. Solicitante : MTL GEOTECNIA S.A.C.

Direcci3n : CAL LA MADRID NRO. 264 ASC. LOS OLIVOS - SAN MARTIN DE PORRES - LIMA

2. Instrumento de Medici3n : MUFLA

Indicaci3n : DIGITAL
Alcance de Indicaci3n : NO INDICA
Resoluci3n : 1°C
Marca de Equipo : A&A INSTRUMENTS
Modelo de Equipo : SRJX-
Serie del Equipo : 16112
C3digo de Identificaci3n : MYE-LAB-MUF-01.01

Marca de Indicador : NO INDICA

Punto de Precisi3n S.A.C. utiliza en sus verificaciones y calibraciones patrones con trazabilidad a la Direcci3n de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibraci3n. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecuci3n de una recalibraci3n, la cual est3 en funci3n del uso, conservaci3n y mantenimiento del instrumento de medici3n o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisi3n S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretaci3n de los resultados de la calibraci3n aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibraci3n

CAL LA MADRID NRO. 264 ASC. LOS OLIVOS - SAN MARTIN DE PORRES - LIMA
14 - DICIEMBRE - 2023

4. M3todo de Calibraci3n

La calibraci3n se realizo seg3n la PC-018 "Procedimiento de calibraci3n para medios isotermicos usando aire como medio conductor".

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
TERM3METRO DIGITAL	FLUKE	CT-010-2022	INACAL - DM

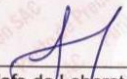
6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	26,0	25,6
Humedad %	65	65

7. Resultados de la Medici3n

Los resultados de las mediciones se muestran en la p3gina siguiente, tiempo de estabilizaci3n de la Mufla no menor a 30 minutos. La Incertidumbre a sido determinada con un factor de cobertura k=2 para un nivel de confianza del 95 %.




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los 3ngeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCI3N PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACI3N DE PUNTO DE PRECISI3N S.A.C.



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT-457-2023

Página : 2 de 2

Resultados de la Medición

INDICACIÓN DEL EQUIPO (°C)	TEMPERATURA CONVENCIONALMENTE VERDADERA (°C)	CORRECCIÓN (°C)	INCERTIDUMBRE (°C)
350	374,0	24,0	2,2
602	620,9	18,9	2,0
801	824,0	22,6	2,0

LA TEMPERATURA CONVENCIONAL VERDADERA (TCV) RESULTA DE LA RELACIÓN
TCV = INDICACIÓN DEL EQUIPO + CORRECCIÓN

FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Certificate PE22/819943976

The management system of
MTL GEOTECNIA S.A.C.

Calle La Madrid 264 Asc. Los Olivos, San Martin De Porres,
Lima, Perú.

has been assessed and certified as meeting the requirements of

ISO 9001:2015

For the following activities

**Servicio de laboratorio de ensayos de materiales y muestreo para
suelos, concreto y asfalto.**

**Materials testing and soil sampling laboratory service concrete and
asphalt.**

This certificate is valid from 24 March 2022 until 23 March 2025
and remains valid subject to satisfactory surveillance audits.
Recertification audit due a minimum of 60 days before the expiration date.
Issue 1. Certified since 24 March 2022.



Authorised by



0005

SGS United Kingdom Ltd
Rossmore Business Park, Ellesmere Port, Cheshire, CH65 3EN, UK
t +44 (0)151 350-6666 f +44 (0)151 350-6600 www.sgs.com

Z1HG: 9001 2015 0421

Page 1 of 1



This document is a Web version of SGS certificate for electronic use exclusively. It shall only be available by clicking on SGS Certification Mark which has been posted on Your website. It shall not be printed in anyway. This document is copyright protected. No content or appearance may be reproduced without the express written permission of SGS. Any misuse, alteration, forgery or falsification is unlawful.

ANEXO N°12
FICHA TÉCNICA DE ELEMENTOS CERÁMICOS



60x60
PISOS

**REVESTIMIENTOS
CERÁMICOS
FICHA TÉCNICA**



MODELO:	PISO MIX&MATCH II NOGAL
FORMATO:	60x60
ESPECIFICACIÓN:	ISO 13006:2018 - GRUPO B11b - Anexo K - Modular (M) - CL
SERIE:	MADERA
ACABADO:	BRILLANTE
SUPERFICIE:	LISA
DIMENSIONES:	600 mm x 600 mm x 8,0 mm
NÚMERO DE CARAS:	4



Ref:110014216

	NORMA	REQUISITO	RESULTADO	
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	ISO 10545-2	Dimensiones Largo y Ancho (% - mm)	$\pm 0,6\%$ / $\pm 2,0$ mm	Cumple
	ISO 10545-2	Espesor (% - mm)	$\pm 5,0\%$ / $\pm 0,5$ mm	Cumple
	ISO 10545-2	Rectitud de lados (% - mm)	$\pm 0,5\%$ / $\pm 1,5$ mm	Cumple
	ISO 10545-2	Rectangularidad (% - mm)	$\pm 0,5\%$ / $\pm 2,0$ mm	Cumple
	ISO 10545-2	Curvatura Lateral / Central / Alabeo Diagonal (% - mm)	$\pm 0,5\%$ / $\pm 2,0$ mm	Cumple
ISO 10545-2	Calidad de la Superficie (%)	Min. 95% de baldosas libre de defectos visibles a 1 m de distancia que afecte un área importante de la baldosa	Cumple	
PROPIEDADES FÍSICAS	ISO 10545-3	Absorción de Agua (%)	$6\% < E_v \leq 10\%$ Máximo individual 11%	$6\% < E_v \leq 10\%$
		Resistencia a la Rotura ($e \geq 7,5$ mm) (N)	Min. 800 N	≥ 800 N
	ISO 10545-4	Resistencia a la Flexión ($e \geq 7,5$ mm) (N/mm ²)	Min. 18 N/mm ² Mínimo individual 16 N/mm ²	≥ 18 N/mm ²
	ISO 10545-7	Resistencia a la Abrasión Superficial	Reporte de CU	II
	ANSI A137.1	Grado de Resistencia al tránsito	Determinado por el fabricante	Medio
ISO 10545-11	Resistencia al Cuarteo (Trizadura)	Requerido	Cumple	
PROPIEDADES QUÍMICAS	ISO 10545-14	Resistencia a los Agentes Manchantes	Min. Clase 3	Cumple
	ISO 10545-13	Resistencia a los Ácidos y Alcalis de Baja Concentración	Método de ensayo disponible	Cumple
	ISO 10545-13	Resistencia a los Ácidos y Alcalis de Alta Concentración	Método de ensayo disponible	Cumple
ISO 10545-13	Resistencia a los productos de uso doméstico	Min. B	Cumple	
EMBALAJE	Embalaje:	Piezas por caja m ² por caja Peso seco máx. por caja Cajas por pallet	5 piezas 1,80 m ² 31,4kg 30 cajas	
INSTALACIÓN Y USO	Enchape:	Pegamento y fragua para cerámicos / Junta recomendada 5 mm / Traslape máx. 1/4 del largo de la pieza. (Ref. 20x60 y 30x60: 15cm). Antes de instalar verifique que todas las cajas sean del mismo Tono y Calibre.		
	Limpieza profunda:	Condicional y/o según requerimiento, limpiador ácido diluido con agua (1:10) / Agua y detergente neutro.		
	Mantenimiento:	Agua y detergente neutro / No aplicar ceras ni selladores / Proteger los ingresos con felpudos.		
CELIMA	Producto fabricado en Perú, por Cerámica Lima S.A. según requisitos de la INTERNATIONAL STANDARD ISO 13006:2018. "Ceramic Tiles - Definitions, Classification, Characteristics and Marking", Annex K (Normative), Table K1, Dry-pressed ceramic tiles. $6\% < E_v \leq 10\%$, Group B11b. Las dimensiones, el tono y el peso de las piezas presentan variaciones normales por el proceso de cocción. 05 de Diciembre de 2022			

CERTIFICACIONES	 Management System ISO 9001:2015 www.tuv.com ID 9108646499		 INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N°LE - 171
------------------------	---	---	---

Cerámica Lima S.A. - Autopista Panamericana Sur 1601, Punta Hermosa - Lima 24 - Perú - Telf.: (511) 6140300