

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**Diseño de Concreto Simple Aplicando Residuos Cerámicos, para Viviendas
de Interés Social, Huanchaco 2021**

Línea de investigación: Ingeniería de la Construcción, Ingeniería Urbana,
Ingeniería Estructural

Sub Línea de investigación: Estructuras y Materiales

Autores:

Nuñez Muñoz, Sergio Francesco
Ruiz Caballero, Jose Luis

Jurado Evaluador:

Presidente : Vargas López, Segundo Alfredo
Secretario : Durand Orellana, Rocío del Pilar
Vocal : Cabanillas Quiroz, Guillermo Juan

Asesor:

Medina Carbajal, Lucio Sigifredo
Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5207-4421>

TRUJILLO - PERÚ
2024

Fecha de sustentación: 2024 / 07 / 16

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**Diseño de Concreto Simple Aplicando Residuos Cerámicos, para Viviendas
de Interés Social, Huanchaco 2021**

Línea de investigación: Ingeniería de la Construcción, Ingeniería Urbana,
Ingeniería Estructural

Sub Línea de investigación: Estructuras y Materiales

Autores:

Nuñez Muñoz, Sergio Francesco
Ruiz Caballero, Jose Luis

Jurado Evaluador:

Presidente : Vargas López, Segundo Alfredo
Secretario : Durand Orellana, Rocío del Pilar
Vocal : Cabanillas Quiroz, Guillermo Juan

Asesor:

Medina Carbajal, Lucio Sigifredo
Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5207-4421>

TRUJILLO - PERÚ
2024

Fecha de sustentación: 2024 / 07 / 16

Diseño de Concreto Simple Aplicando Residuos Cerámicos, para Viviendas de Interés Social, Huanchaco 2021

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

14%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 2%

Excluir bibliografía

Apagado


LUCIO S. MEDINA CARBAJAL
ING. CIVIL
CIP No 76695

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, Lucio Sigifredo Medina Carbajal, docente del Programa de Estudio de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada **"DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE APLICANDO RESIDUOS CERÁMICOS, PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL, HUANCHACO 2021"**, del (los) autor (es) Sergio Francisco Nuñez Muñoz y Jose Luis Ruiz Cabelero, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud del 14%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el día 08 de Julio del 2024.
- He revisado con detalle dicho reporte de la tesis **"DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE APLICANDO RESIDUOS CERÁMICOS, PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL, HUANCHACO 2021"**, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.

Ciudad y fecha: Tarapoto, 08 de Julio del 2024



.....
Nuñez Muñoz Sergio Francisco
DNI: 74300708



.....
Ruiz Cabelero Jose Luis
DNI: 70831748



.....
Medina Carbajal Lucio Sigifredo
DNI: 40534510
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5207-4421>

DEDICATORIA

A Dios, por brindarme la oportunidad de mejorar cada día, ser mi guía y darme la fuerza para culminar esta carrera.

A mis padres Jorge Nuñez y Karina Muñoz, por ser mi principal apoyo en toda mi etapa universitaria, por impulsarme a ser siempre mejor y nunca rendirme a pesar de todas las adversidades.

A mi hermana Leyla Núñez, por ser mi más grande ejemplo y guía personal y profesionalmente y darme unos grandes consejos, a veces cuestionables, a lo largo de mi vida.

A mi compañero de tesis y gran amigo Jose Luis, compañero en esta travesía universitaria, compartiendo no solo estudios y aulas, si no aventuras, risas y adversidades; logrando alcanzar nuestro objetivo final juntos con este último paso en nuestra vida universitaria.

Br. Nuñez Muñoz, Sergio Francesco

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, quien me ha brindado salud y ha sido mi guía en este camino académico. Agradezco especialmente por darme la mejor familia del mundo y por mantenernos siempre unidos.

A mis amados padres, Don Coco Ruiz y Doña Sonia Caballero, quienes me han dado los mejores recuerdos de mi vida. Su amor incondicional y apoyo constante en cada paso que daba. Me han permitido soñar y celebraban mis logros como si fuera de ellos. Sin duda, ustedes son mi mayor motivación.

A mi querida hermana, Katty Ruiz, quien ha sido mi soporte en cada paso de mi vida y mi salvavidas en momentos complicados. Agradezco su papel como segunda madre y mejor amiga. Katty, has hecho un trabajo excepcional.

A mi adorada hermanita, Mafe Ruiz, quien cada día que pasa me enseña una forma diferente de ver el mundo, gracias por ser mi inspiración y motivación para ser mejor cada día. Te prometo que siempre te cuidaré.

A mis amigos, por sacarme una sonrisa en los momentos difíciles. Especialmente a Sergio Nuñez, con quien hemos sido compañeros desde primer ciclo, hemos pasado madrugadas de trabajo y ahora nos encontramos juntos en esta etapa de la tesis. Gracias por el apoyo en todo momento.

Y, por último, a mi amado club, Alianza Lima. En las victorias y derrotas, siempre estaré a tu lado. ¡ARRIBA ALIANZA! Toda la vida.

Br. Ruiz Caballero, Jose Luis

RESUMEN

La presente tesis titulada “Diseño de Concreto Simple Aplicando Residuos Cerámicos, para Viviendas de Interés Social, Huanchaco 2021” tuvo como principal objetivo determinar el efecto de los residuos cerámicos en el diseño de concreto simple para viviendas de interés social en el distrito de Huanchaco. La metodología fue de tipo aplicada, nivel experimental y de diseño clásico. Donde se obtuvo como resultado una resistencia a la compresión a edad de 28 días del concreto patrón un promedio de 359 kg/cm^2 , para el concreto con sustitución del 25% de agregado grueso por residuos cerámicos un promedio de 322 kg/cm^2 , para el concreto con sustitución del 50% de agregado grueso por residuos cerámicos un promedio de 305 kg/cm^2 y para el concreto con sustitución del 75% de agregado grueso por residuos cerámicos un promedio de 286 kg/cm^2 . En cuanto al costo de las viviendas de interés social, entre el concreto patrón y el concreto con sustitución de 75% de residuos cerámicos presenta una diferencia del 2%, lo cual al amplificarse a un conjunto de viviendas de interés social presenta un ahorro económico y ecológico, disminuyendo la contaminación que produce la construcción en general. En definitiva, al sustituir el agregado grueso por residuos cerámicos en los distintos porcentajes diseñados cumple con la resistencia a la compresión requerida de 210 kg/cm^2 generando una reducción de costos y disminución de contaminación ambiental.

Palabras clave: Diseño de mezcla, concreto, resistencia a la compresión, residuos cerámicos, vivienda de interés social.

ABSTRACT

The main objective of this thesis entitled "Simple Concrete Design Applying Ceramic Waste for Social Housing, Huanchaco 2021" was to determine the effect of ceramic waste in the design of simple concrete for social housing in the district of Huanchaco. The methodology was applied, experimental and classic design. As a result, the average compressive strength at 28 days of the standard concrete was 359 kg/cm², for the concrete with 25% substitution of coarse aggregate by ceramic waste an average of 322 kg/cm², for the concrete with 50% substitution of coarse aggregate by ceramic waste an average of 305 kg/cm² and for the concrete with 75% substitution of coarse aggregate by ceramic waste an average of 286 kg/cm². As for the cost of social housing, between the standard concrete and the concrete with the substitution of 75% of ceramic waste there is a 2% difference, which when amplified to a set of social housing presents an economic and ecological saving, reducing the pollution produced by construction in general. In short, by substituting the coarse aggregate with ceramic waste in the different percentages designed meets the required compressive strength of 210 kg/cm² generating a cost reduction and decrease the environmental pollution.

Keywords: Mixing design, concrete, compression resistance, ceramic waste, housing of social interest.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN.....	19
1.1. Problema de investigación	19
1.1.1. Realidad problemática	19
1.1.2. Formulación del problema	20
1.2. Objetivos	20
1.2.1. Objetivo general.....	20
1.2.2. Objetivos específicos.....	20
1.3. Justificación del estudio	21
II. MARCO DE REFERENCIA	23
2.1. Antecedentes del estudio	23
2.1.1. Antecedentes a nivel internacional	23
2.1.2. Antecedentes a nivel nacional	24
2.1.3. Antecedentes a nivel local	25
2.2. Marco teórico	26
2.2.1. Concreto.	26
2.2.2. Cerámica	31
2.2.3. Diseño de mezcla ACI 211	31
2.3. Marco Conceptual	35
2.3.1. Agregado.....	35
2.3.2. Agregado fino.	35
2.3.3. Agregado grueso.	35
2.3.4. Cemento.	36
2.3.5. Concreto.	36
2.3.6. Contaminación ambiental.	36
2.3.7. Costos.	36
2.3.8. Diseño de concreto.....	36
2.3.9. Durabilidad.	36
2.3.10. Material cerámico.	36
2.3.11. Presupuesto.....	36
2.3.12. Probeta.	36
2.3.13. Residuo.	37
2.3.14. Residuos cerámicos.	37

2.3.15. Reutilizar.....	37
2.3.16. Resistencia a la compresión.....	37
2.3.17. Resistencia a los sulfatos.....	37
2.3.18. Trabajabilidad.....	37
2.3.19. Viviendas.....	37
2.3.20. Vivienda de interés social.....	37
2.4. Sistema de hipótesis, Variables e Indicadores.....	38
2.4.1. Variables. Operacionalización de variables.....	38
III. METODOLOGÍA EMPLEADA.....	40
3.1. Tipo y nivel de investigación.....	40
3.1.1. De acuerdo a la orientación o finalidad.....	40
3.1.2. De acuerdo a la técnica de contrastación.....	40
3.2. Población y muestra de estudio.....	40
3.3. Diseño de investigación.....	40
3.4. Técnicas e instrumentos de investigación.....	41
3.5. Procesamiento y análisis de datos.....	42
3.5.1. Ensayos de agregado fino.....	42
3.5.2. Ensayos de agregado grueso.....	44
3.5.3. Ensayos de residuos cerámicos.....	47
3.5.4. Diseño de mezcla por el método ACI 211.....	49
3.5.5. Ensayos de concreto en estado fresco.....	57
3.5.6. Ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto.....	58
3.5.7. Análisis de costos directos.....	64
IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	68
4.1. Propuesta de investigación.....	68
4.2. Análisis e Interpretación de resultados.....	68
4.2.1. Caracterización de materiales.....	68
4.2.2. Diseño de mezcla.....	68
4.2.3. Asentamiento del concreto (SLUMP).....	69
4.2.4. Resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto.....	69
4.2.5. Análisis de costos.....	75

4.3. Docimasia de hipótesis	77
4.3.1. Análisis de distribución normal	77
4.3.2. Análisis de varianza.....	80
V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	85
5.1. Caracterización de los agregados.....	85
5.2. Diseño de mezcla del concreto	86
5.3. Propiedades mecánicas del concreto.....	86
5.4. Costos de vivienda de interés social	88
VI. CONCLUSIONES	90
VII. RECOMENDACIONES.....	93
VIII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
IX. ANEXOS.....	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cantidad mínima de agregado para contenido de humedad.....	27
Tabla 2: Cantidad mínima de agregado grueso para análisis granulométrico.....	28
Tabla 3: Requisitos granulométricos agregado fino	28
Tabla 4: Requisitos granulométricos agregado grueso	29
Tabla 5: Densidad del agua.....	29
Tabla 6: Resistencia a la compresión requerida.....	32
Tabla 7: Consistencia y asentamiento de diseño	32
Tabla 8: Contenido de aire atrapado	32
Tabla 9: Volumen de agua por m ³	33
Tabla 10: Relación de agua/cemento.....	33
Tabla 11: Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.....	34
Tabla 12: Operacionalización de variables.....	39
Tabla 13: Muestra de especímenes de concreto para 7 días, 14 días, 21 días y 28 días de curado.....	41
Tabla 14: Técnicas e instrumentos de investigación	42
Tabla 15: Análisis granulométrico del agregado fino.....	43
Tabla 16: Peso unitario suelto y compactado del agregado fino	44
Tabla 17: Contenido de humedad del agregado fino.....	44
Tabla 18: Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino.....	44
Tabla 19: Análisis granulométrico del agregado grueso.....	45
Tabla 20: Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso	46
Tabla 21: Contenido de humedad del agregado grueso	46
Tabla 22: Peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso	46
Tabla 23: Análisis granulométrico de residuos cerámicos.....	47
Tabla 24: Peso unitario y compactado de residuos cerámicos	48
Tabla 25: Contenido de humedad de residuos cerámicos	48
Tabla 26: Peso específico y porcentaje de absorción de residuos cerámicos	49
Tabla 27: Propiedades físicas de materiales.....	49
Tabla 28: Datos para interpolación relación agua cemento	50
Tabla 29: Datos para interpolación de VAG concreto patrón	51
Tabla 30: Dosificación peso seco.....	54
Tabla 31: Dosificación peso húmedo	57
Tabla 32: Cantidades en kg para ensayos de probetas	57

Tabla 33: Resultados de ensayos de concreto en estado fresco	58
Tabla 34: Resistencia a la compresión del concreto patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	58
Tabla 35: Resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 25\%$ residuo cerámico.....	59
Tabla 36: Resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 50\%$ residuo cerámico.....	59
Tabla 37: Resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 75\%$ residuo cerámico.....	59
Tabla 38: Resistencia a la compresión del concreto patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	60
Tabla 39: Resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 25\%$ residuo cerámico.....	60
Tabla 40: Resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 50\%$ residuo cerámico.....	60
Tabla 41: Resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 75\%$ residuo cerámico.....	61
Tabla 42: Resistencia a la compresión del concreto patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	61
Tabla 43: Resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 25\%$ residuo cerámico.....	62
Tabla 44: Resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 50\%$ residuo cerámico.....	62
Tabla 45: Resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 75\%$ residuo cerámico.....	62
Tabla 46: Resistencia a la compresión del concreto patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	63
Tabla 47: Resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 25\%$ residuo cerámico.....	63
Tabla 48: Resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 50\%$ residuo cerámico.....	63
Tabla 49: Resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 75\%$ residuo cerámico.....	64
Tabla 50: Metrado de columnas vivienda de interés social	64
Tabla 51: Costo unitario de concreto patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	65
Tabla 52: Costo unitario de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 25\%RC$	65
Tabla 53: Costo unitario de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 50\%RC$	66
Tabla 54: Costo unitario de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 75\%RC$	67

Tabla 55: Cantidades de materiales para un metro cúbico de concreto.....	69
Tabla 56: resistencia a la compresión del concreto a edad de 7 días.....	70
Tabla 57: Resistencia a la compresión del concreto a edad de 14 días.....	71
Tabla 58: Resistencia a la compresión del concreto a edad de 21 días.....	72
Tabla 59: Resistencia a la compresión del concreto a edad de 28 días.....	73
Tabla 60: Costo total de columnas de una vivienda típica de interés social con diferentes porcentajes de adición.....	76
Tabla 61: Prueba de normalidad de los diferentes tipos de concreto a edad de 7 días	77
Tabla 62: Prueba de normalidad de los diferentes tipos de concreto a edad de 14 días	78
Tabla 63: Prueba de normalidad de los diferentes tipos de concreto a edad de 21 días	79
Tabla 64: Prueba de normalidad de los diferentes tipos de concreto a edad de 28 días	80
Tabla 65: Análisis descriptivo de los grupos con resistencia a la compresión a edad de 7 días.....	80
Tabla 66: Prueba de hipótesis a edad de 7 días con ANOVA.....	81
Tabla 67: Análisis descriptivo de los grupos con resistencia a la compresión a edad de 14 días.....	81
Tabla 68: Prueba de hipótesis a edad de 14 días con ANOVA.....	82
Tabla 69: Análisis descriptivo de los grupos con resistencia a la compresión a edad de 21 días.....	82
Tabla 70: Prueba de hipótesis a edad de 21 días con ANOVA.....	83
Tabla 71: Análisis descriptivo de los grupos con resistencia a la compresión a edad de 28 días.....	84
Tabla 72: Prueba de hipótesis a edad de 28 días con ANOVA.....	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de procedimiento experimental	41
Figura 2: Curva granulométrica del agregado fino	43
Figura 3: Curva granulométrica del agregado grueso	45
Figura 4: Curva granulométrica de residuos cerámicos	47
Figura 5: Edad vs resistencia a la compresión de los 4 tipos de mezcla de concreto	74
Figura 6: Costo directo de un metro cúbico de concreto con diferentes porcentajes de adición	75
Figura 7: Costo total de columnas para una vivienda de interés social con diferentes porcentajes de adición	76
Figura 8: Asentamiento del concreto (slump)	87
Figura 9: Costo total de columnas para una vivienda de interés social con diferentes porcentajes de adición	89
Figura 10: Residuos cerámicos chancados para la mezcla	135
Figura 11: Peso de agregado grueso para la mezcla	135
Figura 12: Peso de materiales para la mezcla de concreto	136
Figura 13: Materiales en mezcladora de cemento	136
Figura 14: Ensayo de asentamiento (slump)	137
Figura 15: Elaboración de testigos cilíndricos	137
Figura 16: Probetas con diferentes tipos de mezcla	138
Figura 17: Ensayo de resistencia a la compresión	138

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: NTP 339.035. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland.....	97
Anexo 2: NTP 339.034. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.	98
Anexo 3: Certificado de calibración de la prensa hidráulica del laboratorio QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.....	99
Anexo 4: Certificado de calidad del cemento utilizado en el diseño de mezcla del concreto.....	103
Anexo 5: Contenido de humedad del agregado fino.	104
Anexo 6: Contenido de humedad del agregado grueso.	105
Anexo 7: Contenido de humedad de los residuos cerámicos.....	106
Anexo 8: Material pasante malla N° 200 del agregado fino.....	107
Anexo 9: Material pasante malla N° 200 del agregado grueso.	108
Anexo 10: Material pasante malla N° 200 de los residuos cerámicos.	109
Anexo 11: Peso unitario suelto y compactado del agregado fino.....	110
Anexo 12: Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso.....	111
Anexo 13: Peso unitario suelto y compactado de los residuos cerámicos.	112
Anexo 14: Peso específico y absorción del agregado fino.....	113
Anexo 15: Peso específico y absorción del agregado grueso.....	114
Anexo 16: Peso específico y absorción de los residuos cerámicos.	115
Anexo 17: Análisis granulométrico del agregado fino.....	116
Anexo 18: Análisis granulométrico del agregado grueso.	117
Anexo 19: Análisis granulométrico de los residuos cerámicos.....	118
Anexo 20: Ensayo de resistencia a la compresión de los 3 testigos cilíndricos de concreto patrón a edad de 7 días.....	119
Anexo 21: Ensayo de resistencia a la compresión de los 3 testigos cilíndricos de concreto patrón a edad de 14 días.....	120
Anexo 22: Ensayo de resistencia a la compresión de los 3 testigos cilíndricos de concreto patrón a edad de 21 días.....	121
Anexo 23: Ensayo de resistencia a la compresión de los 3 testigos cilíndricos de concreto patrón a edad de 28 días.....	122
Anexo 24: Ensayo de resistencia a la compresión de los 3 testigos cilíndricos de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 25\%$ de residuos cerámicos a edad de 7 días.	123

Anexo 25: Ensayo de resistencia a la compresión de los 3 testigos cilíndricos de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 25% de residuos cerámicos a edad de 14 días.....	124
Anexo 26: Ensayo de resistencia a la compresión de los 3 testigos cilíndricos de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 25% de residuos cerámicos a edad de 21 días.....	125
Anexo 27: Ensayo de resistencia a la compresión de los 3 testigos cilíndricos de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 25% de residuos cerámicos a edad de 28 días.....	126
Anexo 28: Ensayo de resistencia a la compresión de los 3 testigos cilíndricos de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 50% de residuos cerámicos a edad de 7 días.	127
Anexo 29: Ensayo de resistencia a la compresión de los 3 testigos cilíndricos de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 50% de residuos cerámicos a edad de 14 días.....	128
Anexo 30: Ensayo de resistencia a la compresión de los 3 testigos cilíndricos de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 50% de residuos cerámicos a edad de 21 días.....	129
Anexo 31: Ensayo de resistencia a la compresión de los 3 testigos cilíndricos de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 50% de residuos cerámicos a edad de 28 días.....	130
Anexo 32: Ensayo de resistencia a la compresión de los 3 testigos cilíndricos de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 75% de residuos cerámicos a edad de 7 días.	131
Anexo 33: Ensayo de resistencia a la compresión de los 3 testigos cilíndricos de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 75% de residuos cerámicos a edad de 14 días.....	132
Anexo 34: Ensayo de resistencia a la compresión de los 3 testigos cilíndricos de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 75% de residuos cerámicos a edad de 21 días.....	133
Anexo 35: Ensayo de resistencia a la compresión de los 3 testigos cilíndricos de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 75% de residuos cerámicos a edad de 28 días.....	134
Anexo 36: Panel fotográfico	135

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. *Realidad problemática*

En el mundo, el crecimiento económico e industrial que hemos presenciado a lo largo de estas últimas décadas, ha generado un incremento de todo tipo de residuos; para los cuales no se han realizado un correcto sistema de reciclado, por lo cual estos generan un gran impacto en el medio ambiente, ya sea contaminación del agua, aire o sonora. La producción mundial de residuos cerámicos supera los 22 billones de toneladas. Además, España; por ejemplo, es el país más importante en la industria de los cerámicos con una participación del 26.11% de la producción total de cerámicos en la Unión Europea. Lo cual conlleva a buscar una manera eficaz de reutilizar dichos residuos cerámicos, como por ejemplo aplicarlo mediante un aditivo en la mezcla del concreto.

En el Perú, no escapamos de esta realidad, los residuos cerámicos generando contaminación al medio ambiente. Como el caso de Celima, empresa productora de distintos tipos de cerámicas, la cual al finalizar el proceso de fabricación no busca la manera de reutilizar los residuos que quedan; o la empresa San Lorenzo, entre otras con la misma problemática. Del mismo modo parte de la producción de cerámicas se califican como no aptas para ser comercializadas y son desechadas a botaderos; este proceso genera un impacto ambiental severo en el suelo debido a los químicos y esmaltes utilizados en la elaboración y acabados en los productos cerámicos.

Otra consecuencia del crecimiento económico ha sido que, en la producción de viviendas, estas no presenten algún beneficio contra el impacto ambiental con poca o nula reutilización de desperdicios; ya que simplemente nos dedicamos a explotar los recursos que existen, mas no a tratar de darle un segundo uso; en esta realidad en la que nos encontramos nace la necesidad de buscar alternativas de remplazo de los componentes tradicionales del concreto con alternativas menos agresivas con el medio latente.

Además, en nuestro país de acuerdo a la revista del fondo mi vivienda presenta una demanda efectiva de 163 mil viviendas de interés social, de las cuales 26 mil se encuentran en la zona Norte; todo esto debido al déficit habitacional en el que nos encontramos.

Del mismo modo podemos observar esta demanda de viviendas de interés social en Trujillo; donde existe una demanda efectiva de 12 297 viviendas, las cuales se busca satisfacer con los programas de interés social. Asimismo, con la coyuntura del coronavirus, los beneficiarios no necesitan contar con una cuota inicial; por lo que esta demanda ha aumentado. Sin embargo, cabe mencionar que estas viviendas de interés social cuentan con un área construida mínima, la cual puede presentar incomodidades, así como problemas a la salud de las familias que las habitan.

Del mismo modo, Huanchaco posee una población estimada de 68,409 habitantes según el Censo 2017, esto indica que el distrito de Huanchaco está creciendo demográficamente, ya que en el año 2014 tenía una población estimada de 64,597 habitantes, lo cual muestra un incremento sustancial de pobladores y al aumento de la demanda de viviendas.

Dicho esto, se necesita alternativas de solución, las cuales reduzcan el costo de la construcción de viviendas de esta índole, como puede ser la reutilización de desperdicios; en este caso los residuos cerámicos, los cuales buscan disminuir el impacto ambiental, mejorar las propiedades mecánicas del concreto al igual que la resistencia a los sulfatos, esta última cobra importancia porque Huanchaco, al encontrarse próximo al océano, presenta una elevada concentración de sales que dañan a la estructura.

1.1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto de los residuos cerámicos en el diseño de concreto simple para viviendas de interés social en el distrito de Huanchaco, 2021?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar el efecto de los residuos cerámicos en el diseño de concreto simple para viviendas de interés social en el distrito de Huanchaco.

1.2.2. Objetivos específicos

Determinar la caracterización de los agregados a utilizar para un concreto simple con residuos cerámicos para viviendas de interés social en el distrito de Huanchaco.

Determinar la caracterización de los residuos cerámicos a utilizar para un concreto simple con residuos cerámicos para viviendas de interés social en el distrito de Huanchaco.

Determinar el efecto de los residuos cerámicos en el diseño de la mezcla de concreto simple para viviendas de interés social en el distrito de Huanchaco.

Determinar los volúmenes absolutos de materiales para un concreto simple con sustitución del 25%, 50% y 75% de agregados gruesos por residuos cerámicos para viviendas de interés social en el distrito de Huanchaco.

Determinar el efecto de los residuos cerámicos en las propiedades mecánicas del concreto simple para vivienda de interés social en el distrito de Huanchaco.

Determinar el efecto de los residuos cerámicos en los costos de viviendas de interés social en el distrito de Huanchaco.

1.3. Justificación del estudio

El presente proyecto pretende diseñar un concreto simple utilizando residuos cerámicos; el cual, se justifica técnicamente porque la estructura, al estar diseñada de concreto con estos residuos, se busca una nueva alternativa para mejorar las propiedades mecánicas del concreto; especialmente su resistencia a la compresión del mismo, al igual que su resistencia a los sulfatos. Para esta investigación se deberá seguir detalladamente los procedimientos y métodos establecidos por la Norma Técnica Peruana para la caracterización de los agregados; del mismo modo se proseguirá con el ACI 211 para el diseño de mezcla.

Asimismo, se justifica económicamente en el hecho de que daremos un nuevo uso a los residuos cerámicos; mediante este estudio aparte de comprobar si los residuos cerámicos mejoran las propiedades mecánicas del concreto simple, daremos con una reducción en los costos de las viviendas de interés social al reutilizar los residuos de cerámica. Del mismo modo, si todo lo mencionado se cumple, generará un valor significativo para la población.

Por lo cual, se justifica socialmente porque brindará un diseño de viviendas de interés social con un área mayor a la mínima establecida, las cuales pretenden brindar una mayor comodidad y confort a los beneficiarios de este tipo de viviendas; del mismo modo buscamos reducir la contaminación ambiental debido a la utilización de un material reciclado.

Finalmente, la presente investigación será parte de las bases de futuras investigaciones con objetivos similares, de modo que fortalezcan las futuras investigaciones. Por consiguiente, esta investigación podrá ser ampliada o mejorada por futuros investigadores.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Antecedentes a nivel internacional

Pérez (2016). Realizó la investigación “Evaluación de cementos de bajo carbono producidos localmente con sustitución del 50% de cemento P-35 por adiciones de polvo de cerámica roja y caliza” (Pérez, 2016, p. 01); en la cual tuvo como objetivo evaluar cuál es el comportamiento físico mecánico del nuevo cemento LC3 producido de forma artesanal a partir de la combinación del 50% de cemento P-35 con adiciones de polvo de cerámica roja y caliza, para ello realizó ensayos de compresión en el laboratorio de la ENIA a las edades de 3, 7 y 28 días; en el cual se emplearon para cada edad 3 probetas de 40x40x160 mm obteniendo resistencias a la flexión de 15.2 MPa, 21.5 MPa y 30.3 MPa en la resistencia a la compresión a los 28 días en los cementos LC3-50 L, LC3-50 R y PP-25 respectivamente. Finalmente, se concluye que solo el cemento LC3-50 R (sustitución con polvo de rasilla cerámica) logra cumplir satisfactoriamente la norma, consiguiendo un 34% los valores de la norma NC 97:2011 Cemento de Albañilería.

Hernández y Saravia (2018). Realizaron el proyecto “Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del hormigón elaborado con cerámicos reciclados como sustituto del agregado grueso” (Hernández y Saravia, 2018, p. I); donde su objetivo fue en qué medida influye los cerámicos reciclados en las propiedades físicas y químicas del concreto, elaborando hormigón con residuos cerámicos sustituyendo el agregado grueso por residuos de la fábrica EDESA, de los cuales se prepararon 14 probetas de concreto convencional (CC) y 32 probetas para el ensayo de resistencia a la compresión del concreto experimental (CE). Luego de realizar los ensayos de resistencia a la compresión se obtuvo como resultados para el concreto CC 20.3 MPa, 29.95 MPa y 35.69 MPa a los 7, 14 y 28 días; mientras que para el concreto CE 13.2 MPa, 17.11 MPa y 29.32 MPa a los 7, 14 y 28 días. Finalmente, el equipo de investigación llegó a la conclusión que este concreto experimental elaborado con residuos cerámicos como sustituto del agregado grueso cumple con la resistencia requerida de diseño (29.32 MPa) el cual representa un 90% de la diseñada en laboratorio 32.3 MPa. Sin embargo, el asentamiento de las mezclas fue inferior a las que se determinaron para la

investigación, recomendando realizar futuras investigaciones agregando a esta mezcla aditivos a base de polímeros hidroxilados, como plastificantes que cumplan la norma ASTM C-494.

2.1.2. Antecedentes a nivel nacional

Castillo (2018). En su investigación “Sustitución de 50% y 75% de agregado grueso por desperdicio de baldosas cerámicas en la resistencia a la compresión de un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ” (Castillo, 2018, p. ii); el cual tuvo como principal objetivo la determinación de la resistencia a la compresión del concreto sustituyendo el agregado grueso en un 50% y 75% por desperdicio de baldosas cerámicas para un diseño de mezclas $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, donde elaboró 27 probetas en total dividiéndolas en grupos de 9 para el control, 9 para una sustitución del 50% del agregado grueso por desperdicio de baldosas cerámicas y unas últimas 9 para una sustitución del 75% a edades de 7, 14 y 28 días; dichas mezclas se realizaron mediante la normativa ACI 211. Obtuvo como resultados sobre la resistencia a la compresión dejan un promedio de $f'c \text{ } 241.23 \text{ kg/cm}^2$ en el concreto patrón, $f'c \text{ } 237.77 \text{ kg/cm}^2$ en el concreto experimental de 50% y $f'c \text{ } 219.62 \text{ kg/cm}^2$ en el concreto experimental de 75% a edad de 28 días. Finalmente, se llega a concluir que el concreto experimental con una sustitución del 50% obtuvo mejores resultados frente al concreto experimental de 75% a los 28 días de curado y una leve disminución en comparación con el concreto patrón.

Rodríguez (2016). En su investigación “Resistencia con sustitución del agregado pétreo en 25% y 50% por material cerámico reciclado – Huaraz – 2016” (Rodríguez, 2016, p. ii); cuyo objetivo principal fue la determinación de la resistencia del concreto con sustitución del agregado pétreo en 25% y 50% por material cerámico reciclado de la ciudad de Huaraz; utilizando material cerámico obtenido de la trituración de las cerámicas usadas en las viviendas de Huaraz, utilizando un total de 27 probetas divididas en 9 para el concreto patrón, 9 para el concreto con 25% de material cerámico de reemplazo de piedra chancada y unas últimas 9 para el concreto con 50% de material cerámico de reemplazo de piedra chancada. Finalmente el investigador concluyó que el agregado cerámico no produce concretos de buena calidad, debido a que el material reciclado no posee una buena adherencia con la pasta de cemento en comparación de los concretos comunes; llegando a los 28 días a una resistencia del concreto patrón de 212.38 kg/cm^2 , 189.40 kg/cm^2 para el concreto con el cambio del 25% de piedra chancada por

material cerámico reciclado y 182.60 kg/cm² para el concreto con el cambio del 50%, llegando a la conclusión que la resistencia varía por efectos de la adherencia.

2.1.3. Antecedentes a nivel local

Heredia (2019). Realizó la investigación sobre “Resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm²; incorporando cerámico en 3% y 5% en reemplazo de agregado grueso” (Heredia, 2019, p. 1); teniendo como objetivo determinar la resistencia a la compresión para un concreto diseñado para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm², elaborando un total de 18 probetas, 8 para el concreto de control, 8 para un concreto con 3% de cerámicos y 8 para un concreto con 5% de cerámicos. Obteniendo como resultados un asentamiento de 3.19” para el concreto de control, 3.90” para el concreto con 3% de cerámicos y 4.70” para el concreto con 5% de cerámicos; en cuanto a la resistencia a la compresión a edad de 28 días es de 343.38 kg/cm² para el concreto de control, 309.74 kg/cm² para el concreto con 3% de cerámicos y 317.84 kg/cm² para el concreto con 5% de cerámicos. Finalmente, se concluye que la hipótesis planteada no se logró, debido a que no obtiene un incremento de la resistencia a la compresión con el remplazo del agregado grueso por residuos cerámicos en el diseño de concreto, viéndose afectada con una reducción de un 11.51% y 7.44% con la aplicación de cerámico triturado en un 3% y 5% respectivamente.

Jaime y Portocarrero (2018). En su investigación “Influencia de la cascarilla y ceniza de cascarilla de arroz sobre la resistencia a la compresión de un concreto no estructural, Trujillo 2018” (Jaime y Portocarrero, 2018, p. i); teniendo como objetivo calcular la influencia de la ceniza de cascarilla de arroz (CCA) y cascarilla de arroz (CASCAR) en la resistencia del concreto a los 28 días; realizando ensayos a 56 probetas cilíndricas de concreto con dimensiones de 15cm x 30cm, siendo 8 probetas de control; 24 probetas para 8%, 12% y 16% de CCA; y 24 para 8%, 12% y 16% de CASCAR, en el cual se evalúan 8 réplicas para cada diseño en un intervalo de tiempo (7, 14 y días). Concluyendo que la ceniza de cascarilla de arroz (CCA) refleja mejoría en las propiedades mecánicas del concreto con relación a la resistencia a la compresión.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Concreto.

“Concreto, en el sentido más amplio, es cualquier producto creado a partir de una base de cemento. Generalmente, esta base está hecha por una reacción química de cemento y agua” (Neville, 2010, p.2). A día de hoy esta definición engloba un gran rango de productos, debido a que el concreto está fabricado por diversos tipos de cemento que incluye puzolánicos, cenizas, micro sílice, aditivos, agregados reciclados, polímeros, entre otros. Pero en este caso solo nos centraremos en el concreto que se elabora con cemento, agregados y la reacción de estos con el agua.

2.2.1.1. Materiales.

2.2.1.1.1. Cemento. Cemento Portland es el nombre que se le da al cemento obtenido por la mezcla conjunta de calcáreas y arcillas, aluminios, sílices; calentándolos hasta una temperatura para obtener el Clinker.

Por la definición dada anteriormente, se puede observar que el concreto está hecho principalmente por una combinación de materiales calcáreos, como caliza o tiza, y de sílice y aluminio, así como sílice y aluminio encontrado como arcilla. De acuerdo con Neville (2010) describe lo siguiente:

El proceso de fabricación consiste en moler los materiales netos en un tamiz muy fino, mezclándolos en proporciones predeterminadas y poniéndolos al fuego en un largo horno rotatorio a una temperatura de 1400 °C, cuando los materiales se sintetizan y fusionan parcialmente como Clinker, este se enfría y tritura hasta que quede un material fino, al final se añade un poco de yeso y el resultado final es el cemento Portland comercialmente conocido. (pp. 2-4)

2.2.1.1.2. Agregados. De acuerdo con Kosmatka, Kerkhoff, Panarese y Tanesi (2004), Los agregados constituyen aproximadamente entre el 60% al 70% del volumen del concreto. Estos deben ser de una resistencia adecuada tanto mecánica y con resistencia a las condiciones de exposición. (p. 106)

2.2.1.2. Ensayos para los agregados. A los agregados se les realiza los ensayos de contenido de humedad, granulometría, peso unitario, peso específico y absorción; de acuerdo con las NTP. Estos datos nos serán de utilidad en la elaboración del diseño de mezcla.

2.2.1.2.1. Contenido de humedad. De acuerdo con la NTP 339.185 (2013), nos dice que la masa que se utiliza debe ser mayor a la mostrada en la Tabla 1.

Tabla 1

Cantidad mínima de agregado para contenido de humedad

Tamaño máximo nominal del agregado		Masa mínima de la muestra de agregado
mm	pulg	Kg
4.75	N°4	0.5
9.5	3/8	1.5
12.5	½	2.0
19.0	¾	3.0
25.0	1	4.0
37.5	1 ½	6.0
50.0	2	8.0
63.0	2 ½	10.0
75.0	3	13.0
90.0	3 ½	16.0
100.0	4	25.0
150.0	6	50.0

Nota: En la tabla se describe la cantidad mínima que se requiere de muestra de agregado para el ensayo de contenido de humedad.

Se utiliza la siguiente fórmula para calcular el contenido de humedad:

$$P = \frac{(W - D)}{D} \times 100$$

Donde:

P. Contenido de humedad (%)

W. Masa húmeda (kg)

D. Masa seca (kg)

2.2.1.2.2. Granulometría. De acuerdo con la NTP 400.012 (2013), la cantidad de muestra debe ser mayor de 500 g para el agregado fino, y para el agregado grueso de acuerdo a la Tabla 2.

Tabla 2

Cantidad mínima de agregado grueso para análisis granulométrico

Tamaño máximo nominal del agregado		Masa mínima de la muestra de agregado
mm	pulg	Kg
9.5	3/8	1
12.5	½	2
19.0	¾	5
25.0	1	10
37.5	1 ½	15
50.0	2	20
63.0	2 ½	35
75.0	3	60
90.0	3 ½	100
100.0	4	150
125.0	5	300

Nota: La tabla muestra la cantidad mínima de muestra requerida para el análisis granulométrico.

Y los requisitos mínimos y máximos los especifica la NTP 400.037, lo cual observamos en la Tabla 3 y 4.

Tabla 3

Requisitos granulométricos agregado fino

Tamiz	Mínimo	Máximo
9.5 mm	100.0	100.0
4.75 mm	95.0	100.0
2.36 mm	80.0	100.0
1.18 mm	50.0	85.0
600 um	25.0	60.0
300 um	5.0	30.0
150 um	0.0	10.0

Nota: La tabla muestra los requisitos mínimos y máximos para los agregados finos de acuerdo a cada tamiz.

Tabla 4

Requisitos granulométricos agregado grueso

Tamiz	Mínimo	Máximo
9.5 mm	100.0	100.0
19.00 mm	90.0	100.0
12.50 mm	47.0	75.0
9.50 mm	20.0	55.0
4.75 um	0.0	10.0
2.36 um	0.0	5.0

Nota: La tabla muestra los requisitos mínimos y máximos para los agregados gruesos de acuerdo a cada tamiz.

Además; la NTP 400.012 indica que, para el cálculo del módulo de fineza, se sumará los pesos retenidos en los tamices N°100, N°50, N°30, °16, N°8, N°4, 3/8", 3/4", 1 1/2", y dividirlo entre 100.

2.2.1.2.3. Peso unitario (Densidad). De acuerdo con la NTP 400.017 (2011), menciona que primero debemos medir la temperatura del agua, para calcular su densidad, Tabla 5.

Tabla 5

Densidad del agua

Temperatura		Kg/m ³	Lb/pie ³
°C	°F		
15.6	60	999.01	62.366
18.3	65	998.54	62.336
21.1	70	997.97	62.301
23	73.4	997.54	62.274
23.9	75	997.32	62.261
26.7	80	996.59	62.216
29.4	85	995.83	62.166

Nota: La tabla muestra los valores de densidad del agua de acuerdo a su temperatura.

La fórmula que se utilizará es:

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

Donde:

M. Densidad del agregado

G. Masa (kg)

T. Masa de la tara (kg)

V. Volumen de la tara.

2.2.1.2.4. Peso específico y absorción. De acuerdo con la NTP 400.022 (2013) y NTP 400.021 (2013), muestra los pasos para determinar la densidad de las partículas, la gravedad específica y la absorción de los agregados.

Se utilizarán las siguientes fórmulas para el agregado grueso.

Peso específico

$$P_{em} = \frac{A}{(B - C)} * 100$$

Peso específico de masa saturada con superficie seca

$$P_{esss} = \frac{B}{(B - C)} * 100$$

Gravedad específica (Pea)

$$P_{ea} = \frac{A}{(A - C)} * 100$$

Absorción

$$Absorción \% = \frac{(B - A)}{A} * 100$$

Donde:

A. Peso de muestra seca (g)

B. Peso de muestra saturada superficialmente seca (g)

C. Peso en agua de la muestra saturada (g)

Para el agregado fino se utilizan las siguientes fórmulas:

$$P_{em} = \frac{W_o}{(V - V_a)} * 100$$

$$Absorción \% = \frac{500 - W_o}{W_o} * 100$$

Donde

Pem. Peso específico de masa (g)

Wo. Peso en aire de muestra seca (g)

V. Volumen de recipiente (cm³)

Va. Volumen de agua en frasco

2.2.1.2.5. Agua para el concreto. De acuerdo con Kosmatka, Kerkhoff, Panarese y Tanesi (2004), cualquier agua potable puede utilizarse en la mezcla del concreto; además, se debe cuidar que el agua no presente impurezas porque afectaría en las propiedades del concreto. (p. 95)

2.2.2. Cerámica

“Son placas de poco grosor, generalmente utilizadas para revestimiento de suelos y paredes, fabricadas a partir de composiciones de arcillas y otras materias primas inorgánicas” (Restrepo, 2011, p.23).

2.2.2.1. Cerámica como material constructivo. Se utiliza principalmente en el revestimiento del piso o paredes en algunos ambientes, como cocinas, baño, entre otros.

2.2.2.2. Cerámica como aditivo en concreto. De acuerdo a Viera (2018) describe lo siguiente:

Este material suele utilizarse en algunas investigaciones para determinar su influencia en la resistencia del concreto, aunque existen resultados muy diversos; debido a que algunos investigadores concluyen en que este material disminuye la resistencia del concreto, mientras otros dicen que aumenta. (p. 36)

2.2.3. Diseño de mezcla ACI 211

Según Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, y Tanesi (2004), el diseño de mezcla es el cálculo de las proporciones de materiales del concreto. Con el fin de que sea trabajable, resistente y económico. (p. 2)

2.2.3.1. Selección de la resistencia promedio o requerida (f'_{cr}). Para casos donde el valor de la desviación estándar de la resistencia del concreto es desconocido, el ACI recomienda utilizar la tabla 6.

Tabla 6

Resistencia a la compresión requerida

Resistencia a la compresión (f'_c)	Resistencia a la compresión requerida (f'_{cr})
Menos de 210 kg/cm ²	$F'_c + 70$
210 kg/cm ² – 350 kg/cm ²	$F'_c + 84$

Mayor a 350 kg/cm²

F'c + 98

Nota: La tabla describe cual es la resistencia a la compresión requerida en los cálculos de acuerdo a la que se quiere lograr.

2.2.3.2. Selección del asentamiento. El asentamiento se elige con la tabla 7.

Tabla 7

Consistencia y asentamiento de diseño

Consistencia	Asentamiento	Trabajabilidad
Seca	0" (0 mm) a 2" (50 mm)	Poca
Plástica	3" (75 mm) a 4" (100 mm)	Buena
Fluida	≥ 5" (125 mm)	Poco

Nota: La tabla muestra los criterios de consistencia asentamiento y como se presenta la trabajabilidad para el concreto.

2.2.3.3. Selección del tamaño máximo nominal. Este valor se obtiene de la granulometría del agregado grueso; sin embargo, la NTP E.060 indica que el agregado no debe ser mayor de:

1/5 de la menor dimensión entre caras de encofrados.

1/3 del peralte de losa.

¾ del espacio libre entre barras de refuerzo.

2.2.3.4. Determinación del contenido de aire. Se obtiene mediante una tabla del ACI 211, la cual indica el contenido de aire atrapado en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso.

Tabla 8

Contenido de aire atrapado

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Aire atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
4"	0.2%

Nota: Esta tabla describe el porcentaje de aire atrapado en relación con el tamaño máximo nominal del agregado grueso.

2.2.3.5. Cálculo del agua de la mezcla. Del mismo modo que el contenido de aire, para determinar el agua de la mezcla se necesita el tamaño máximo nominal del agregado, utilizando la tabla 9.

Tabla 9

Volumen de agua por m³

Volumen unitario de agua								
Asentamiento	Agua, en l/m ³ , para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
Concretos sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
Concretos con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-

Nota: Esta tabla muestra la cantidad de agua requerida en relación al tamaño máximo nominal del agregado y si cuenta o no con aire incorporado.

2.2.3.6. Elección de la relación agua-cemento (a/c). El concreto preparado con cementos comunes (Tipo I), se toma la relación a/c de la siguiente tabla.

Tabla 10

Relación de agua/cemento

Relación agua/cemento en peso		
f/c a los 28 días (kg/cm ²)	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

Nota: Esta tabla muestra la relación agua-cemento necesaria en relación a la resistencia a la compresión del concreto y si cuenta o no con aire incorporado.

2.2.3.7. Cálculo del contenido de cemento. Se calcula dividiendo la cantidad de agua sobre la relación a/c.

$$\text{Peso de cemento } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{\text{Volumen de agua } \left(\frac{\text{l}}{\text{m}^3} \right)}{\text{Relación } a/c}$$

2.2.3.8. Determinación del peso del agregado grueso. Se obtiene mediante una tabla elaborada por el ACI, la cual está en función del módulo de fineza del agregado fino y el tamaño máximo nominal del grueso.

Luego de obtener b/b_o se calcula la cantidad de agregado grueso por metro cúbico de concreto.

$$\text{Peso Seco AG } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = b/b_o * \text{Peso Unitario Seco y Compactado AG}$$

Tabla 11

Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen de ag. Grueso seco y compactado por unidad de concreto para diferentes MF de ag. Fino. (b/b _o)			
	Módulo de fineza del agregado fino			
pulg	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.84	0.81

Nota: Esta tabla determina el volumen del agregado grueso en relación del módulo de fineza del agregado fino y el tamaño máximo nominal del grueso.

2.2.3.9. Cálculo de volúmenes absolutos de los materiales. Se obtiene mediante la siguiente fórmula.

$$\text{Vol. AF} (m^3) = 1 - (\text{Vol. Agua} + \text{Vol. Aire} + \text{Vol. Cemento} + \text{Vol. AG})$$

Donde:

$$\text{Vol. Agua} = \frac{\text{Peso Agua}}{\text{Peso específico Agua}}$$

$$\text{Vol. Aire} = \text{Tabla 11}$$

$$\text{Vol. Cemento} = \frac{\text{Peso cemento}}{\text{Peso específico cemento}}$$

$$\text{Vol. Agregado grueso} = \frac{\text{Peso agregado grueso}}{\text{Peso específico agregado grueso}}$$

2.2.3.10. Determinación del peso del agregado fino. Se obtiene mediante la siguiente fórmula.

$$\text{Peso}_{AF} = (\text{Volumen}_{\text{agregado fino}}) * (\text{Peso específico}_{\text{Agregado fino}})$$

2.2.3.11. Corrección por humedad y % de absorción de los agregados. Se obtiene mediante las siguientes fórmulas.

Corrección por % de absorción de los agregados

$$\text{Correc. Peso AF}_{sss} = \text{Peso seco AF} * \left(1 + \frac{\%abs}{100}\right)$$

$$\text{Correc. Peso AG}_{sss} = \text{Peso seco AG} * \left(1 + \frac{\%abs}{100}\right)$$

Corrección por humedad de los agregados

$$\text{Correc. Peso AF Hum} = \text{Peso seco AF} * \left(1 + \frac{\%Hum}{100}\right)$$

$$\text{Correc. Peso AG Hum} = \text{Peso seco AG} * \left(1 + \frac{\%Hum}{100}\right)$$

Aporte de agua

$$\text{Aporte de agua AF} = \text{Peso seco AF} * \left(\frac{\%Hum - \%abs}{100}\right)$$

$$\text{Aporte de agua AG} = \text{Peso seco AG} * \left(\frac{\%Hum - \%abs}{100}\right)$$

2.3. Marco Conceptual

2.3.1. Agregado.

“Conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados.” (INDECOPI, 2008, p.2)

2.3.2. Agregado fino.

“Agregado artificial de rocas o piedras proveniente de la disgregación natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9,5 mm (3/8 pulg).” (INDECOPI, 2008, p.4)

2.3.3. Agregado grueso.

“Agregado retenido en el tamiz normalizado 4,75 mm (N°4), proveniente de la disgregación natural o artificial de la roca.” (INDECOPI, 2008, p.4)

2.3.4. Cemento.

“Un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker de Pórtland compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas de sulfato de calcio como una adición durante la molienda.” (INDECOPI, 2019, p.9)

2.3.5. Concreto.

“Mezcla de material aglomerante (conglomerante) y agregados fino y grueso. En el concreto normal, comúnmente se usan como medio aglomerante, el cemento Pórtland y el agua.” (INDECOPI, 2019, p.10)

2.3.6. Contaminación ambiental.

“Es la presencia en el ambiente de “intrusos” que alteran las características del aire, del agua o el suelo.” (Sepúlveda, 1999, p. 6)

2.3.7. Costos.

“Gasto realizado para la obtención o adquisición de una cosa o de un servicio.” (Real Academia Española, s.f.)

2.3.8. Diseño de concreto.

“Es un proceso que consiste de pasos dependientes entre sí: Selección de ingredientes convenientes, determinación de sus cantidades relativas para producir un concreto de trabajabilidad, resistencia a compresión y durabilidad apropiada.” (Laura, 2006, p.2)

2.3.9. Durabilidad.

“Capacidad del concreto, mortero, grout o revoque de cemento Pórtland de resistir a la acción de la intemperie y otras condiciones de servicio, tales como ataque químico, congelación-deshielo y abrasión” (INDECOPI, 2019, p.15)

2.3.10. Material cerámico.

Material no orgánico obtenido de materia prima mineral, que se consolida por medio de una cocción a alta temperatura.

2.3.11. Presupuesto.

“Cómputo anticipado del coste de una obra o de los gastos y rentas de una corporación.” (Real Academia Española, s.f.)

2.3.12. Probeta.

“Muestra de material endurecido, por regla general hormigón o roca, de dimensiones determinadas y conservada en condiciones preestablecidas, para

posteriormente ser sometida a ensayos.” (Fundación Laboral de la Construcción, s.f.)

2.3.13. Residuo.

“Material que queda como inservible después de haber realizado un trabajo u operación.” (Real Academia Española, s.f.)

2.3.14. Residuos cerámicos.

“La generación de residuos de cerámicas está íntimamente ligado al sector de la construcción. Se trata de despojos desechados por las distintas fábricas siendo depositados sin control en vertederos.” (CIDIVL, 2019)

2.3.15. Reutilizar.

“Volver a utilizar algo, bien con la función que desempeñaba anteriormente o con otros fines.” (Real Academia Española, s.f.)

2.3.16. Resistencia a la compresión.

“Es la capacidad del concreto a resistir un fenómeno de aplastamiento que se ve comúnmente en todos los materiales que se utilizan para la elaboración de estructuras de todo tipo.” (Hernández et al., 2018, p. 1)

2.3.17. Resistencia a los sulfatos.

“El ataque de sulfatos no solo producen degradación por expansión y fisuración, también, una reducción en la resistencia mecánica debido a la pérdida de cohesión en la pasta de cemento.” (Lodoño, 2022)

2.3.18. Trabajabilidad.

“Es la propiedad del concreto recién mezclado que afecta a la facilidad con la que puede ser mezclado, colocado, consolidado, y sacudió.” (INDECOPI, 2019, p.24)

2.3.19. Viviendas.

“Lugar cerrado y cubierto para ser habitado por personas.” (Real Academia Española, s.f.)

2.3.20. Vivienda de interés social.

“Es la vivienda promovida por el Estado, cuya finalidad se encuentra dirigida a reducir la brecha del déficit habitacional cualitativo y cuantitativo.” (Ley de desarrollo urbano sostenible, 2021, Artículo 81)

2.4. Sistema de hipótesis, Variables e Indicadores

Los residuos cerámicos tiene una influencia considerable en el diseño de concreto simple para viviendas de interés social en el distrito de huanchaco.

2.4.1. Variables. Operacionalización de variables

2.4.1.1. Variable independiente. Residuos cerámicos

2.4.1.2. Variable dependiente. Diseño de concreto simple

Tabla 12

Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos de medición
Independiente Residuos cerámicos	Son desperdicios en el procedimiento de elaboración de azulejos, ladrillos y revestimientos	Son desperdicios en la producción de cerámicas, que servirán como reemplazo del agregado grueso en la mezcla de concreto simple.	Proporción de reemplazo del agregado grueso	Dosificación	Diseño de mezcla (ACI 211)
		Es un proceso en el cual se seleccionan los ingredientes convenientes y sus cantidades para producir un concreto con buena trabajabilidad, resistencia a la compresión y durabilidad apropiada.	Propiedades físicas	Granulometría, módulo de finura	Guía de observación
Dependiente Diseño de concreto simple	Es un proceso en el cual se seleccionan los ingredientes convenientes y sus cantidades para producir un concreto con buena trabajabilidad, resistencia a la compresión y durabilidad apropiada.	Es un proceso que busca la selección de los elementos adecuados para que el concreto cumpla con los requerimientos de obra.	Absorción	Porcentaje de porosidad	Guía de observación
			Caracterización de agregados	Ensayo de agregados	Guía de observación
			Diseño de mezcla	Dosificación	Guía de observación
			Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión	Resistencia a la compresión (NTP 339.034)
			Volúmenes absolutos de los materiales	Diseño de mezcla ACI 211	Guía de observación

Costos	de	Presupuesto-	Guía	de
viviendas	de	Rentabilidad	observación	
interés social				

Nota: Esta tabla muestra la operacionalización de la variable independiente y dependiente.

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. De acuerdo a la orientación o finalidad

La investigación es aplicada, debido a que se aplicó conocimientos previos en la línea de estructuras y tecnología de materiales para determinar la resistencia del concreto con residuos cerámicos y su impacto en el costo de viviendas de interés social.

3.1.2. De acuerdo a la técnica de contrastación

La investigación es experimental, debido a que se aplicó residuos cerámicos sólidos como sustitución del agregado grueso para el concreto, donde se determinó la nueva resistencia a la compresión de este.

3.2. Población y muestra de estudio

De acuerdo al tipo de investigación, la cantidad de población y muestra se determinó de acuerdo a las normativas de ACI 318S-11, Norma E.060 y ASTM C192/C192M-14, las cuales indican que para cada ensayo de resistencia a la compresión será de tres o más especímenes.

Por lo cual, la población y muestra fue de un total de 48 testigos cilíndricos divididos en grupos de tres, ensayados para cada tipo de mezcla y edad determinada.

3.3. Diseño de investigación

Se realizó una investigación experimental, debido a que se manipuló una variable independiente para determinar sus efectos sobre la variable dependiente. Así mismo, contó con diseño clásico, donde el porcentaje de reemplazo de residuos cerámicos, respecto al agregado grueso fue de 25%, 50% y 75%; realizando 3 probetas a cada uno para evaluar la resistencia a la compresión a los 7, 14, 21 y 28 días; contando con un total de 48 testigos cilíndricos.

Tabla 13

Muestra de especímenes de concreto para 7 días, 14 días, 21 días y 28 días de curado

Descripción	Tiempo de curado (días)				Subtotal (und)	Total (und)
	7 días	14 días	21 días	28 días		
0% de adición de RC	3	3	3	3	12	48

Adición	25% de adición de RC	3	3	3	3	12
porcentual de	50% de adición de RC	3	3	3	3	12
residuos	75% de adición de RC	3	3	3	3	12

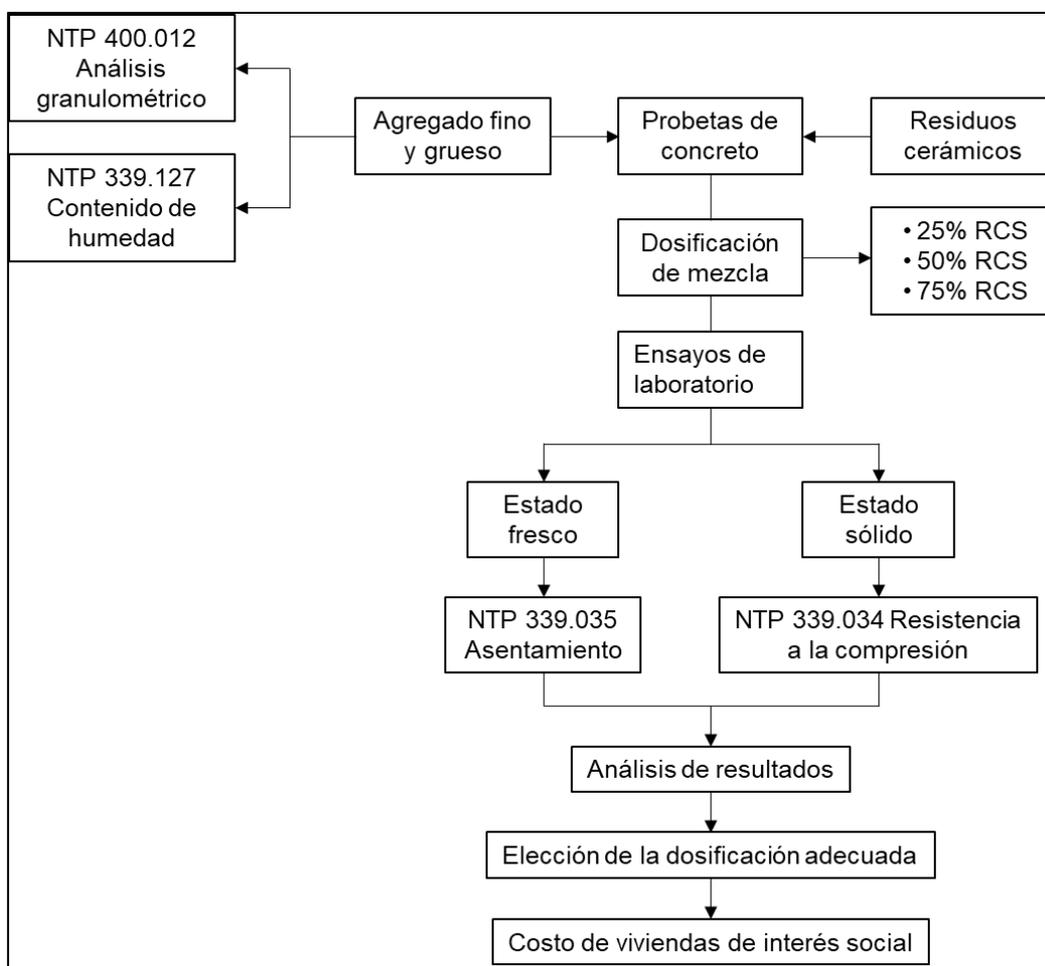
cerámicos (RC)
como sustituto
del agregado
grueso

Nota: Se muestra la cantidad de especímenes por cada tipo de mezcla y por cada edad de prueba.

3.4. Técnicas e instrumentos de investigación

Figura 1

Esquema de procedimiento experimental



Nota: La figura describe el procedimiento que se llevará a cabo para la ejecución del proyecto.

Tabla 14

Técnicas e instrumentos de investigación

Técnicas	Instrumentos	Descripción
Fuentes bibliográficas en línea	Normativas, tesis, guías, entre otros	Búsqueda de información sobre caracterización de agregados, diseño de mezcla, ensayos de resistencia a la compresión y costos de viviendas de interés social.
Caracterización de agregados	Tamices, balanza digital, horno	Definir las propiedades físicas de los agregados y residuos cerámicos para el posterior diseño de mezcla.
Diseño de mezcla	Excel, Normativa ACI 211	Cálculo de la cantidad de materiales para la mezcla del concreto patrón, concreto con adición de 25% de residuos cerámicos, concreto con adición de 50% de residuos cerámicos y concreto con adición de 75% de residuos cerámicos.
Propiedades mecánicas del concreto	Prensa de concreto, cono de abrahams	Ensayos para determinar la resistencia a la compresión del concreto y su respectivo asentamiento para cada tipo de mezcla.
Costo de vivienda de interés social	Excel, S10	Cálculo para determinar la variación del costo de viviendas de interés social al reemplazar el agregado grueso por residuos cerámicos.

Nota. La presente tabla muestra las técnicas que se llevaron a cabo para el desarrollo de la investigación.

3.5. Procesamiento y análisis de datos

3.5.1. Ensayos de agregado fino

3.5.1.1. Análisis granulométrico. Se realizó el análisis granulométrico, obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 15.

Tabla 15

Análisis granulométrico del agregado fino

Tamiz N°	Abert. (mm)	Peso reten. (gr)	% reten. parcial	% reten. acum.	% que pasa	Limites arena (NTP 400.037)	
						Mínimo	Máximo
1/2"	12.500						
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
N°4	4.750	40.4	3.7	3.7	96.3	95	100
N°8	2.360	139.5	12.7	16.4	83.6	80	100
N°16	1.180	134.7	12.3	28.7	71.3	50	85

N°30	0.600	126.3	11.5	40.2	59.8	25	60
N°50	0.300	165.8	15.1	55.3	44.7	5	30
N°100	0.150	403.0	36.7	92.0	8.0	0	10
N°200	0.075	67.1	6.1	98.1	1.9	0	5
Fondo	-	20.8	1.9	100.0	0.0		
		1097.6	100				

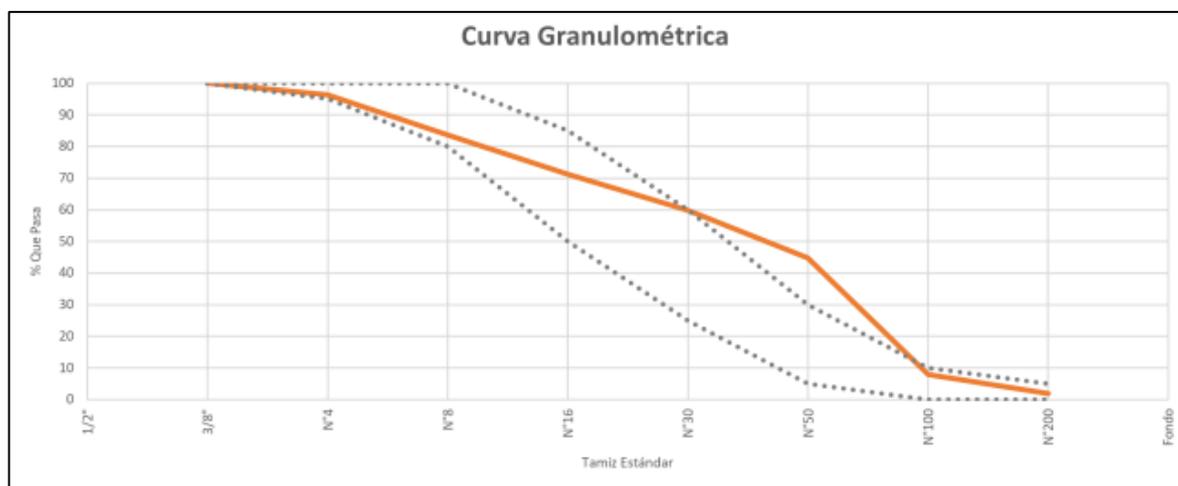
Nota: Se muestra los resultados obtenidos del Anexo N° 17.

Además, el módulo de finura obtenido es el siguiente:

$$\frac{\sum(\% \text{Peso acumulado retenido})}{100} = 2.36$$

Figura 2

Curva granulométrica del agregado fino



Nota: Se muestra los resultados obtenidos del Anexo N°17.

3.5.1.2. Peso unitario del agregado fino. Se obtuvo el peso unitario del agregado fino el cual se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16

Peso unitario suelto y compactado del agregado fino

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Peso recipiente + muestra suelta	kg	18.785	18.823	18.847	
Peso recipiente + muestra apisonada	kg	20.171	20.147	20.094	
Peso de recipiente	kg	5.987	5.987	5.987	
Peso de muestra en estado suelto	kg	12.798	12.836	12.860	
Peso de muestra en estado compactado	kg	14.184	14.160	14.107	
Volumen del recipiente	m3	0.0078	0.0078	0.0078	
Peso unitario suelto	kg/m3	1641	1646	1649	1645

Peso unitario compactado	kg/m ³	1818	1815	1809	1814
--------------------------	-------------------	------	------	------	------

Nota: Se muestra los resultados obtenidos del Anexo N°11.

3.5.1.3. Contenido de humedad del agregado fino. Se obtuvo el contenido de humedad del agregado fino el cual se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17

Contenido de humedad del agregado fino

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso recipiente	gr	116.6	117.8	
Peso recipiente + muestra húmeda	gr	817.2	805.4	
Peso recipiente + muestra seca	gr	812.9	801.7	
Peso de muestra húmeda	gr	700.6	687.6	
Peso de muestra seca	gr	696.3	683.9	
Peso de agua	gr	4.3	3.7	
Contenido de humedad	%	0.6	0.5	0.6

Nota: Se muestra los resultados obtenidos del Anexo N°5.

3.5.1.4. Peso específico y porcentaje de absorción. Se obtuvo el peso específico y porcentaje de absorción el cual se muestra en la Tabla 18.

Tabla 18

Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso de la muestra secada en horno al aire	gr	499.4	503.3	
Peso del picnómetro lleno de agua	gr	1450.7	1450.7	
Peso del picnómetro lleno de muestra y agua	gr	1766.7	1769.9	
Peso de la muestra en estado SSS	gr	503.8	507.2	
Peso específico base seca	gr/cm ³	2.66	2.68	2.67
Peso específico base SSS	gr/cm ³	2.68	2.70	2.69
Absorción	%	0.9	0.8	0.9

Nota: Se muestra los resultados obtenidos del Anexo N°14.

3.5.2. Ensayos de agregado grueso

3.5.2.1. Análisis granulométrico. Se realizó el análisis granulométrico obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 19.

Tabla 19

Análisis granulométrico del agregado grueso

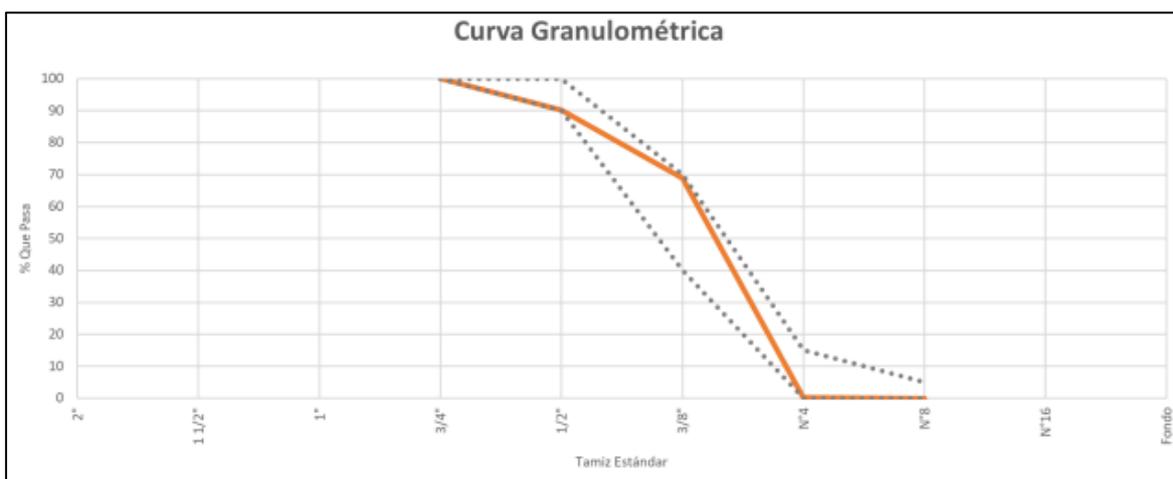
Tamiz estándar	Abert. (mm)	Peso reten. (gr)	% reten. parcial	% reten. acum.	% que pasa	Límites Huso 7 (NTP 400.037)	
						Mínimo	Máximo
2"	50.00	0	0.0	0.0			
1 1/2"	37.50	0	0.0	0.0			
1"	25.00	0	0.0	0.0			
3/4"	19.00	0	0.0	0.0	100.0	100	100
1/2"	12.50	294	9.8	9.8	90.2	90	100
3/8"	9.50	638	21.3	31.1	68.9	40	70
N°4	4.75	2065	68.9	100.0	0.3	0	15
N°8	2.36		0.0	100.0	0.0	0	5
N°16	1.18		0.0	100.0			
Fondo	-		0.0	100.0			
		2997	100.0				

Nota: Se muestra los resultados obtenidos del Anexo N°18.

El tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 1/2".

Figura 3

Curva granulométrica del agregado grueso



Nota: Se muestra los resultados obtenidos del Anexo N°18.

3.5.2.2. Peso unitario del agregado grueso. Se obtuvo el peso unitario del agregado grueso el cual se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20

Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Peso recipiente + muestra suelta	kg	16.219	16.414	16.372	
Peso recipiente + muestra apisonada	kg	17.433	17.545	17.305	

Peso de recipiente	kg	5.987	5.987	5.987	
Peso de muestra en estado suelto	kg	10.232	10.427	10.385	
Peso de muestra en estado compactado	kg	11.446	11.467	11.318	
Volumen del recipiente	m3	0.0077	0.0077	0.0077	
Peso unitario suelto	kg/m3	1324	1349	1343	1339
Peso unitario compactado	kg/m3	1481	1483	1464	1476

Nota: Se muestra los resultados obtenidos del Anexo N°12.

3.5.2.3. Contenido de humedad del agregado grueso. Se obtuvo el contenido de humedad del agregado grueso el cual se muestra en la Tabla 21.

Tabla 21

Contenido de humedad del agregado grueso

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso recipiente	gr	310	318	
Peso recipiente + muestra húmeda	gr	2646	2704	
Peso recipiente + muestra seca	gr	2637	2693	
Peso de muestra húmeda	gr	2336	2386	
Peso de muestra seca	gr	2327	2375	
Peso de agua	gr	9	11	
Contenido de humedad	%	0.4	0.5	0.5

Nota: Se muestra los resultados obtenidos del Anexo N°6.

3.5.2.4. Peso específico y porcentaje de absorción. Se obtuvo el peso específico y porcentaje de absorción el cual se muestra en la Tabla 22.

Tabla 22

Peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso de la muestra secada en horno al aire	gr	2538	2450	
Peso de la muestra en estado SSS al aire	gr	2584	2489	
Peso de la muestra saturada en agua	gr	1601	1543	
Peso específico base seca	gr/cm3	2.58	2.59	2.59
Peso específico base SSS	gr/cm3	2.63	2.63	2.63
Absorción	%	1.8	1.6	1.7

Nota: Se muestra los resultados obtenidos del Anexo N°15.

3.5.3. Ensayos de residuos cerámicos

3.5.3.1. Análisis granulométrico. Se realizó el análisis granulométrico obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 23.

Tabla 23

Análisis granulométrico de residuos cerámicos

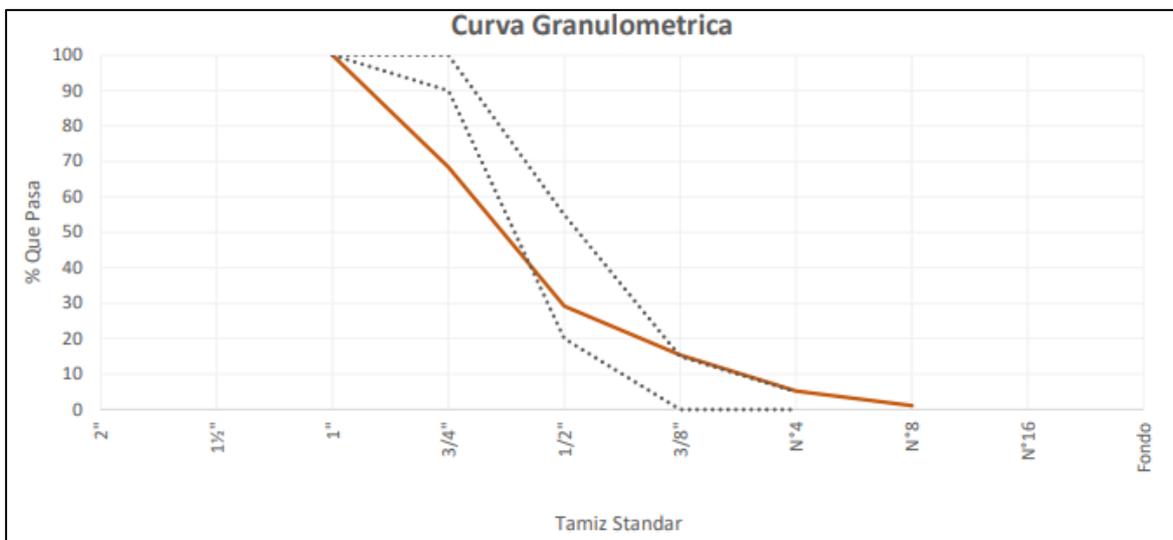
Tamiz estándar	Abert. (mm)	Peso reten. (gr)	% reten. parcial	% reten. acum.	% que pasa	Límites Huso 7 (NTP 400.037)	
						Mínimo	Máximo
2"	50.00	0	0.0	0.0			
1 1/2"	37.50	0	0.0	0.0			
1"	25.00	0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/4"	19.00	944	31.6	31.6	68.4	90	100
1/2"	12.50	1172	39.2	70.8	29.2	20	55
3/8"	9.50	414	13.8	84.6	15.4	0	15
N°4	4.75	305	10.2	94.8	5.2	0	5
N°8	2.36	124	4.1	98.9	1.1		
N°16	1.18	31	1.0	99.9			
Fondo	-	2	0.1	100.0			
		2992	100.0				

Nota: Se muestra los resultados obtenidos del Anexo N°19.

El tamaño máximo nominal es de 3/4", el contenido de humedad es de 0.7% y el módulo de finura es de 7.10.

Figura 4

Curva granulométrica de residuos cerámicos



Nota: Se muestra los resultados obtenidos del Anexo N°19.

3.5.3.2. Peso unitario de residuos cerámicos. Se obtuvo el peso unitario de los residuos cerámicos el cual se muestra en la Tabla 24.

Tabla 24

Peso unitario suelto y compactado de residuos cerámicos

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Peso recipiente + muestra suelta	kg	16.219	16.414	16.372	
Peso recipiente + muestra apisonada	kg	17.433	17.545	17.305	
Peso de recipiente	kg	5.987	5.987	5.987	
Peso de muestra en estado suelto	kg	10.232	10.427	10.385	
Peso de muestra en estado compactado	kg	11.446	11.467	11.318	
Volumen del recipiente	m3	0.0077	0.0077	0.0077	
Peso unitario suelto	kg/m3	1324	1349	1343	1339
Peso unitario compactado	kg/m3	1481	1483	1464	1476

Nota: Se muestra los resultados obtenidos del Anexo N°13.

3.5.3.3. Contenido de humedad de residuos cerámicos. Se obtuvo el contenido humedad de residuos cerámicos el cual se muestra en la Tabla 25.

Tabla 25

Contenido de humedad de residuos cerámicos

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso recipiente	gr	310	318	
Peso recipiente + muestra húmeda	gr	3477	3500	
Peso recipiente + muestra seca	gr	3455	3482	
Peso de muestra húmeda	gr	3167	3182	
Peso de muestra seca	gr	3145	3164	
Peso de agua	gr	22	18	
Contenido de humedad	%	0.7	0.6	0.7

Nota: Se muestra los resultados obtenidos del Anexo N°7.

3.5.3.4. Peso específico y porcentaje de absorción. Se obtuvo el peso específico y porcentaje de absorción el cual se muestra en la Tabla 26.

Tabla 26

Peso específico y porcentaje de absorción de residuos cerámicos

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso de la muestra secada en horno al aire	gr	3003	3010	
Peso de la muestra en estado SSS al aire	gr	3078	3092	

Peso de la muestra saturada en agua	gr	1787	1794	
Peso específico base seca	gr/cm ³	2.33	2.32	2.33
Peso específico base SSS	gr/cm ³	2.38	2.38	2.38
Absorción	%	2.5	2.7	2.6

Nota: Se muestra los resultados obtenidos del Anexo N°16.

3.5.4. Diseño de mezcla por el método ACI 211

Se realizó el diseño de mezcla para un concreto con resistencia a la compresión de $f'c$ 210 kg/cm² con cemento Portland tipo I, la densidad del mismo es de 3120 kg/m³. La densidad el agua potable o similar utilizada es de 1000 kg/cm³. Las propiedades físicas de los materiales se encuentran en la Tabla 27.

Tabla 27

Propiedades físicas de materiales

Material	Peso específico (kg/m ³)	Absorción (%)	Contenido de humedad (%)	Módulo de finura	PUS (kg/m ³)	PUC (kg/m ³)
Cemento tipo I	3120					
Agua potable o similar	1000					
Arena zarandeada	2670	0.9	0.6	2.36	1645	1814
Piedra zarandeada 1/2"	2590	1.7	0.5	6.31	1339	1476
Residuo cerámico	2330	2.6	0.7	7.10	1123	1262

Nota: Se describe las propiedades físicas de los materiales utilizados para el diseño de mezcla.

El diseño según el método ACI que aplica a los 4 tipos de mezcla:

3.5.4.1. Resistencia requerida $f'cr$. Tomando el criterio de selección de la tabla indicada por el ACI 211 tomamos que para el concreto $f'cr=210$ kg/cm², sería $f'c + 84$.

$$f'cr = 210 + 84$$

$$f'cr = 294 \text{ kg/cm}^2$$

3.5.4.2. Asentamiento requerido. Para determinar el asentamiento escogemos la consistencia plástica, la cual presenta un asentamiento entre 3" a 4" para tener una correcta trabajabilidad.

3.5.4.3. Relación agua cemento. En la determinación de esta relación A/C se aplicará interpolación de valores de los rangos establecidos en la tabla del ACI 211.

Tabla 28

Datos para interpolación relación agua cemento

f'_{cr}	a/c
300	0.55
294	X
250	0.62

Nota: Se muestra los datos necesarios para realizar la interpolación de la relación agua cemento.

$$A/C = 0.55 + (0.62 - 0.55) \times [(300 - 294)/(300 - 250)]$$

$$A/C = 0.558$$

3.5.4.4. Contenido de agua. Seleccionamos la cantidad de agua de acuerdo a los rangos recomendados en la tabla del ACI 211, utilizando los siguientes datos de los materiales.

$$\text{Tamaño máximo nominal} = 1/2 \text{ plg}$$

$$\text{Asentamiento} = 3" \text{ a } 4"$$

$$\text{Cantidad de agua} = 216 \text{ lt/m}^3$$

3.5.4.5. Cantidad de cemento. Realizamos el cálculo de la cantidad de cemento con la siguiente fórmula.

$$A/C = 0.56$$

$$\text{Cantidad de agua} = 216 \text{ lt/m}^3$$

$$\text{Cantidad de cemento} = 216 / 0.558 = 386.82 \text{ kg/m}^3$$

3.5.4.6. Porcentaje de aire atrapado. De acuerdo al método del ACI 211, para un tamaño máximo nominal de 1/2" tenemos una cantidad de aire atrapado de 2.50%.

3.5.4.7. Cantidad de agregado grueso. De acuerdo al método del ACI 211 mediante extrapolación determinamos el volumen de agregado grueso (VAG) por volumen unitario de concreto.

Tabla 29

Datos para interpolación de VAG concreto patrón

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen de agregado grueso (VAG) de acuerdo al módulo de fineza del agregado fino		
pulg	2.36	2.4	2.6
1/2"	X	0.59	0.57

Nota: Datos para realizar el cálculo de VAG para el concreto patrón.

$$VAG = 0.57 + [(2.36 - 2.60) * (0.59 - 0.57)] / (2.40 - 2.60)$$

$$VAG = 0.594 \text{ m}^3$$

A partir del siguiente paso, se realizarán 4 cálculos diferentes para cada tipo de diseño de mezcla; los cuales son, concreto patrón (210 kg/cm², concreto + 25% RCS, concreto + 50% RCS y concreto + 70% RCS.

3.5.4.8. Cantidad de agregado grueso y residuo cerámico. La cantidad de agregado grueso y residuo cerámico se calcula teniendo en cuenta el volumen de agregado grueso antes calculado, junto con los porcentajes de reemplazo para cada tipo de concreto.

3.5.4.8.1. Concreto patrón f'c=210 kg/cm². Tomando en cuenta el valor de VAG (volumen de agregado grueso) de 0.594 m³ y el porcentaje de residuo cerámico 0%, tenemos.

$$\text{Porcentaje de agregado grueso} = 0.594 * 100 = 0.594 \text{ m}^3$$

$$\text{Porcentaje de residuo cerámico} = 0.000 * 100 = 0.000 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso unitario compactado seco agregado grueso} = 0.594 * 1476 = 876.74 \text{ kg}$$

$$\text{Peso unitario compactado seco residuo cerámico} = 0.000 * 1262 = 0.00 \text{ kg}$$

3.5.4.8.2. Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 25\% \text{ residuo cerámico}$. Tomando en cuenta el valor de VAG (volumen de agregado grueso) de 0.594 m^3 y el porcentaje de residuo cerámico 25%, tenemos.

$$\text{Porcentaje de agregado grueso} = 0.594 * 75 = 0.4455 \text{ m}^3$$

$$\text{Porcentaje de residuo cerámico} = 0.594 * 25 = 0.1485 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso unitario compactado seco agregado grueso} = 0.4455 * 1476 = 657.56 \text{ kg}$$

$$\text{Peso unitario compactado seco residuo cerámico} = 0.1485 * 1262 = 187.41 \text{ kg}$$

3.5.4.8.3. Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 50\% \text{ residuo cerámico}$. Tomando en cuenta el valor de VAG (volumen de agregado grueso) de 0.594 m^3 y el porcentaje de residuo cerámico 50%, tenemos.

$$\text{Porcentaje de agregado grueso} = 0.594 * 50 = 0.297 \text{ m}^3$$

$$\text{Porcentaje de residuo cerámico} = 0.594 * 50 = 0.297 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso unitario compactado seco agregado grueso} = 0.297 * 1476 = 438.37 \text{ kg}$$

$$\text{Peso unitario compactado seco residuo cerámico} = 0.297 * 1262 = 374.81 \text{ kg}$$

3.5.4.8.4. Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 75\% \text{ residuo cerámico}$. Tomando en cuenta el valor de VAG (volumen de agregado grueso) de 0.594 m^3 y el porcentaje de residuo cerámico 75%, tenemos,

$$\text{Porcentaje de agregado grueso} = 0.594 * 25 = 0.1485 \text{ m}^3$$

$$\text{Porcentaje de residuo cerámico} = 0.594 * 75 = 0.4455 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso unitario compactado seco agregado grueso} = 0.1485 * 1476 = 219.19 \text{ kg}$$

$$\text{Peso unitario compactado seco residuo cerámico} = 0.4455 * 1262 = 562.22 \text{ kg}$$

3.5.4.9. Cantidad de agregado fino. La cantidad de agregado fino se calculará con el procedimiento del ACI 211.

3.5.4.9.1. Concreto patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$. Teniendo en cuenta el volumen absoluto de los materiales se calculará la cantidad de agregado fino.

$$\text{Cemento} = \frac{386.82}{3120} = 0.1240$$

$$\text{Agregado grueso} = \frac{876.74}{2590} = 0.3385$$

$$\text{Agua} = \frac{216}{1000} = 0.2160$$

$$\text{Aire} = \frac{2.5}{100} = 0.0250$$

$$\text{Sumatoria} = 0.124 + 0.3385 + 0.216 + 0.025 = 0.7035 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen Absoluto Agregado fino} = 1 - 0.7035 = 0.2965 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso seco agregado fino} = 0.2965 \times 2670 = 791.66 \text{ kg}$$

3.5.4.9.2. Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 25% residuo cerámico. Teniendo en cuenta el volumen absoluto de los materiales se calculará la cantidad de agregado fino.

$$\text{Cemento} = 386.82/3120 = 0.1240$$

$$\text{Agregado grueso} = 657.56/2590 = 0.2539$$

$$\text{Residuo cerámico} = 187.41/2330 = 0.0804$$

$$\text{Agua} = 216/1000 = 0.2160$$

$$\text{Aire} = 2.5/100 = 0.0250$$

$$\text{Sumatoria} = 0.124 + 0.2539 + 0.0804 + 0.216 + 0.025 = 0.6993 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen Absoluto Agregado fino} = 1 - 0.6993 = 0.3007 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso seco agregado fino} = 0.3007 \times 2670 = 802.87 \text{ kg}$$

3.5.4.9.3. Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 50% residuo cerámico. Teniendo en cuenta el volumen absoluto de los materiales se calculará la cantidad de agregado fino.

$$\text{Cemento} = 386.82/3120 = 0.1240$$

$$\text{Agregado grueso} = 438.37/2590 = 0.1693$$

$$\text{Residuo cerámico} = 374.81/2330 = 0.1609$$

$$\text{Agua} = 216/1000 = 0.2160$$

$$\text{Aire} = 2.5/100 = 0.0250$$

$$\text{Sumatoria} = 0.124 + 0.1693 + 0.1609 + 0.216 + 0.025 = 0.6952 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen Absoluto Agregado fino} = 1 - 0.6952 = 0.3048 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso seco agregado fino} = 0.3048 \times 2670 = 813.82 \text{ kg}$$

3.5.4.9.4. Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 75% residuo cerámico. Teniendo en cuenta el volumen absoluto de los materiales se calculará la cantidad de agregado fino.

$$\text{Cemento} = 386.82/3120 = 0.1240$$

$$\text{Agregado grueso} = 219.19/2590 = 0.0846$$

$$\text{Residuo cerámico} = 562.22/2330 = 0.2413$$

$$\text{Agua} = 216/1000 = 0.2160$$

$$\text{Aire} = 2.5/100 = 0.0250$$

$$\text{Sumatoria} = 0.124 + 0.0846 + 0.2413 + 0.216 + 0.025 = 0.6909 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen Absoluto Agregado fino} = 1 - 0.6909 = 0.3091 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso seco agregado fino} = 0.3091 \times 2670 = 825.30 \text{ kg}$$

3.5.4.10. Dosificación peso seco. La dosificación de peso seco de los 4 tipos de diseño se muestra en la tabla 30.

Tabla 30

Dosificación peso seco

Material	f'c 210 kg/cm ²	f'c 210 kg/cm ² + 25RC	f'c 210 kg/cm ² + 50RC	f'c 210 kg/cm ² + 75RC
Cemento (kg)	386.82	386.82	386.82	386.82
Agregado fino (kg)	791.66	802.87	813.82	825.30
Agregado grueso (kg)	876.74	657.56	438.37	219.19
Residuo cerámico (kg)	0.0	187.41	374.81	562.22
Agua (kg)	216	216	216	216

Nota: La tabla muestra las cantidades en kg de los materiales para diseño de mezcla.

3.5.4.11. Corrección por humedad

3.5.4.11.1. Concreto patrón f'c=210 kg/cm². Se realizan los siguientes cálculos para determinar corrección por humedad de los materiales y su peso húmedo en kg.

$$\text{Agregado fino} = 791.66 \times \left(1 + \frac{0.6}{100}\right) = 796.41 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado grueso} = 876.74 \times \left(1 + \frac{0.5}{100}\right) = 881.12 \text{ kg}$$

3.5.4.11.2. Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 25% residuo cerámico. Se realizan los siguientes cálculos para determinar las cantidades en kg de los materiales.

$$\text{Agregado fino} = 802.87 \times \left(1 + \frac{0.6}{100}\right) = 807.69 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado grueso} = 657.56 \times \left(1 + \frac{0.5}{100}\right) = 660.85 \text{ kg}$$

$$\text{Residuo cerámico} = 187.41 \times \left(1 + \frac{0.7}{100}\right) = 192.28 \text{ kg}$$

3.5.4.11.3. Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 50% residuo cerámico. Se realizan los siguientes cálculos para determinar las cantidades en kg de los materiales.

$$\text{Agregado fino} = 813.82 \times \left(1 + \frac{0.6}{100}\right) = 818.70 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado grueso} = 438.37 \times \left(1 + \frac{0.5}{100}\right) = 440.56 \text{ kg}$$

$$\text{Residuo cerámico} = 374.81 \times \left(1 + \frac{0.7}{100}\right) = 384.56 \text{ kg}$$

3.5.4.11.4. Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 75% residuo cerámico. Se realizan los siguientes cálculos para determinar las cantidades en kg de los materiales.

$$\text{Agregado grueso} = 825.30 \times \left(1 + \frac{0.5}{100}\right) = 830.25 \text{ kg}$$

$$\text{Residuo cerámico} = 219.19 \times \left(1 + \frac{0.7}{100}\right) = 220.29 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado fino} = 562.22 \times \left(1 + \frac{0.6}{100}\right) = 576.84 \text{ kg}$$

3.5.4.12. Corrección por absorción y agua efectiva

3.5.4.12.1. Concreto patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$. Se realizan los siguientes cálculos para determinar corrección por absorción de los materiales y la corrección del agua efectiva en lt/m^3 .

$$\text{Aporte humedad agregado fino} = 791.66 \times \left[\frac{(0.9 - 0.6)}{100}\right] = 2.37 \text{ kg}$$

$$\text{Aporte humedad agregado grueso} = 876.74 \times \left[\frac{(1.7 - 0.5)}{100}\right] = 10.52 \text{ kg}$$

$$\text{Agua efectiva} = 216 + 2.37 + 10.52 = 228.89 \text{ Lt/m}^3$$

3.5.4.12.2. Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 25% residuo cerámico. Se realizan los siguientes cálculos para determinar corrección por absorción de los materiales y la corrección del agua efectiva en lt/m^3 .

$$\text{Aporte humedad agregado fino} = 802.87 \times \left[\frac{(0.9 - 0.6)}{100} \right] = 2.41 \text{ kg}$$

$$\text{Aporte humedad agregado grueso} = 657.56 \times \left[\frac{(1.7 - 0.5)}{100} \right] = 7.89 \text{ kg}$$

$$\text{Aporte humedad residuos cerámicos} = 187.41 \times \left[\frac{(2.6 - 0.7)}{100} \right] = 3.56 \text{ kg}$$

$$\text{Agua efectiva} = 216 + 2.41 + 7.89 + 3.56 = 229.86 \text{ Lt/m}^3$$

3.5.4.12.3. Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 50% residuo cerámico. Se realizan los siguientes cálculos para determinar corrección por absorción de los materiales y la corrección del agua efectiva en lt/m^3 .

$$\text{Aporte humedad agregado fino} = 813.82 \times \left[\frac{(0.9 - 0.6)}{100} \right] = 2.44 \text{ kg}$$

$$\text{Aporte humedad agregado grueso} = 438.37 \times \left[\frac{(1.7 - 0.5)}{100} \right] = 5.26 \text{ kg}$$

$$\text{Aporte humedad residuos cerámicos} = 374.81 \times \left[\frac{(2.6 - 0.7)}{100} \right] = 7.12 \text{ kg}$$

$$\text{Agua efectiva} = 216 + 2.44 + 5.26 + 7.12 = 230.82 \text{ Lt/m}^3$$

3.5.4.12.4. Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 75% residuo cerámico. Se realizan los siguientes cálculos para determinar corrección por absorción de los materiales y la corrección del agua efectiva en lt/m^3 .

$$\text{Aporte humedad agregado fino} = 825.30 \times \left[\frac{(0.9 - 0.6)}{100} \right] = 2.48 \text{ kg}$$

$$\text{Aporte humedad agregado grueso} = 219.19 \times \left[\frac{(1.7 - 0.5)}{100} \right] = 2.63 \text{ kg}$$

$$\text{Aporte humedad residuos cerámicos} = 562.22 \times \left[\frac{(2.6 - 0.7)}{100} \right] = 10.68 \text{ kg}$$

$$\text{Agua efectiva} = 216 + 2.48 + 2.63 + 10.68 = 231.79 \text{ Lt/m}^3$$

3.5.4.13. Dosificación peso húmedo. La dosificación de peso húmedo de los 4 tipos de diseño se muestra en la tabla 31.

Tabla 31

Dosificación peso húmedo

Materiales	$f'c$ 210 kg/cm^2	$f'c$ 210 kg/cm^2 + 25RC	$f'c$ 210 kg/cm^2 + 50RC	$f'c$ 210 kg/cm^2 + 75RC
Cemento (kg)	386.82	386.82	386.82	386.82

Agregado fino (kg)	796.41	807.69	818.70	830.25
Agregado grueso (kg)	881.12	660.85	440.56	220.29
Residuo cerámico (kg)	0.00	192.28	384.56	576.84
Agua (kg)	228.89	229.86	230.82	231.79

Nota: La tabla muestra las cantidades en kg de los materiales para diseño de mezcla.

3.5.4.14. Tanda de prueba (28 litros). La dosificación para los ensayos de los 4 tipos de diseño se muestra en la tabla 32.

Tabla 32

Cantidades en kg para ensayos de probetas

Materiales	f'c 210 kg/cm ²	f'c 210 kg/cm ² + 25RC	f'c 210 kg/cm ² + 50RC	f'c 210 kg/cm ² + 75RC
Cemento (kg)	10.83	10.83	10.83	10.83
Agregado fino (kg)	22.30	22.62	22.92	23.25
Agregado grueso (kg)	24.67	18.50	12.34	6.17
Residuo cerámico (kg)	0.00	5.38	10.77	16.15
Agua (kg)	6.41	6.44	6.46	6.49

Nota: La tabla muestra las cantidades en kg para los ensayos de probetas (28 litros), donde las cantidades de peso húmedo se dividen entre 0.028 m³.

3.5.5. Ensayos de concreto en estado fresco

En la tabla 33 se muestran los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio para el concreto en estado fresco, los cuales son ensayo de determinación de temperatura, determinación de asentamiento y determinación de peso unitario.

Tabla 33

Resultados de ensayos de concreto en estado fresco

Descripción	Temperatura en laboratorio (°C)	Asentamiento en laboratorio (pulg)	Peso unitario en laboratorio (kg/m ³)
-------------	---------------------------------	------------------------------------	---

F'c 210 kg/cm ²	28.5	3 ½"	2339
F'c 210 kg/cm ² + 30.0		4 ¾"	2305
25RC			
F'c 210 kg/cm ² + 29.00		5 ¼"	2271
50RC			
F'c 210 kg/cm ² + 29.5		5 ¾"	2235
75RC			

Nota: La tabla muestra los resultados obtenidos en laboratorio para los ensayos de concreto en estado fresco.

3.5.6. Ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto

3.5.6.1. Resistencia a la compresión del concreto a edad de 7 días. En las siguientes tablas mostraremos los resultados obtenidos en laboratorio para los ensayos de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto a edad de 7 días.

Tabla 34

Resistencia a la compresión del concreto patrón f'c=210 kg/cm²

Tipo de concreto	N°	Edad (días)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia compresión (kg/cm ²)
Concreto patrón	1	7	10.1	80.12	18291	228
	2	7	10.1	80.12	20092	251
f'c=210 kg/cm ²	3	7	10.1	80.12	19514	244

Nota: La tabla muestra los resultados del ensayo de resistencia a compresión del concreto patrón a los 7 días de curado, obteniendo una resistencia a la compresión promedio de 241 kg/cm².

Tabla 35

Resistencia a la compresión del concreto f'c=210 kg/cm² + 25% residuo cerámico

Tipo de concreto	N°	Edad (días)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia compresión (kg/cm ²)
Concreto	1	7	10.1	80.12	17718	221
	2	7	10.1	80.12	18298	228
f'c=210	3	7	10.1	80.12	17955	224

kg/cm² +
25%RC

Nota: La tabla muestra los resultados del ensayo de resistencia a compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm² + 25%RC a los 7 días de curado, obteniendo una resistencia a la compresión promedio de 224 kg/cm².

Tabla 36

Resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm² + 50% residuo cerámico

Tipo de concreto	N°	Edad (días)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia compresión (kg/cm ²)
Concreto	1	7	10.1	80.12	15769	197
$f'_c=210$	2	7	10.1	80.12	14879	186
kg/cm ² + 50%RC	3	7	10.1	80.12	16740	209

Nota: La tabla muestra los resultados del ensayo de resistencia a compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm² + 50%RC a los 7 días de curado, obteniendo una resistencia a la compresión promedio de 197 kg/cm².

Tabla 37

Resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm² + 75% residuo cerámico

Tipo de concreto	N°	Edad (días)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia compresión (kg/cm ²)
Concreto	1	7	10.1	80.12	13255	165
$f'_c=210$	2	7	10.1	80.12	13503	169
kg/cm ² + 75%RC	3	7	10.1	80.12	13602	170

Nota: La tabla muestra los resultados del ensayo de resistencia a compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm² + 75%RC a los 7 días de curado, obteniendo una resistencia a la compresión promedio de 168 kg/cm².

3.5.6.2. Resistencia a la compresión del concreto a edad de 14 días. En las siguientes tablas mostraremos los resultados obtenidos en laboratorio para los ensayos de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto a edad de 14 días.

Tabla 38

Resistencia a la compresión del concreto patrón $f'_c=210$ kg/cm²

Tipo de concreto	N°	Edad (días)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia compresión (kg/cm ²)
Concreto patrón	1	14	10.1	80.12	24252	303
	2	14	10.1	80.12	23799	297
$f_c=210$ kg/cm ²	3	14	10.1	80.12	24522	306

Nota: La tabla muestra los resultados del ensayo de resistencia a compresión del concreto patrón a los 14 días de curado, obteniendo una resistencia a la compresión promedio de 302 kg/cm².

Tabla 39

Resistencia a la compresión del concreto $f_c=210$ kg/cm² + 25% residuo cerámico

Tipo de concreto	N°	Edad (días)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia compresión (kg/cm ²)
Concreto $f_c=210$ kg/cm ²	1	14	10.1	80.12	22682	283
	2	14	10.1	80.12	22920	286
+ 25%RC	3	14	10.1	80.12	23088	288

Nota: La tabla muestra los resultados del ensayo de resistencia a compresión del concreto $f_c=210$ kg/cm² + 25%RC a los 14 días de curado, obteniendo una resistencia a la compresión promedio de 286 kg/cm².

Tabla 40

Resistencia a la compresión del concreto $f_c=210$ kg/cm² + 50% residuo cerámico

Tipo de concreto	N°	Edad (días)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia compresión (kg/cm ²)
Concreto $f_c=210$ kg/cm ²	1	14	10.1	80.12	20850	260
	2	14	10.1	80.12	21113	264
+ 50%RC	3	14	10.1	80.12	21395	267

Nota: La tabla muestra los resultados del ensayo de resistencia a compresión del concreto $f_c=210$ kg/cm² + 50%RC a los 14 días de curado, obteniendo una resistencia a la compresión promedio de 264 kg/cm².

Tabla 41

Resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 75\% \text{ residuo cerámico}$

Tipo de concreto	N°	Edad (días)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia compresión (kg/cm ²)
Concreto	1	14	10.1	80.12	19499	243
$f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	2	14	10.1	80.12	18469	231
+ 75%RC	3	14	10.1	80.12	19135	239

Nota: La tabla muestra los resultados del ensayo de resistencia a compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 75\%RC$ a los 14 días de curado, obteniendo una resistencia a la compresión promedio de 238 kg/cm^2 .

3.5.6.3. Resistencia a la compresión del concreto a edad de 21 días. En las siguientes tablas mostraremos los resultados obtenidos en laboratorio para los ensayos de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto a edad de 21 días.

Tabla 42

Resistencia a la compresión del concreto patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Tipo de concreto	N°	Edad (días)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia compresión (kg/cm ²)
Concreto	1	21	10.1	80.12	25655	320
patrón	2	21	10.1	80.12	26082	326
$f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	3	21	10.1	80.12	26256	328

Nota: La tabla muestra los resultados del ensayo de resistencia a compresión del concreto patrón a los 21 días de curado, obteniendo una resistencia a la compresión promedio de 325 kg/cm^2 .

Tabla 43

Resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 25\% \text{ residuo cerámico}$

Tipo de concreto	N°	Edad (días)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia compresión (kg/cm ²)
Concreto	1	21	10.1	80.12	23835	297
$f'c=210$	2	21	10.1	80.12	24172	302
	3	21	10.1	80.12	24261	303

kg/cm² +
25%RC

Nota: La tabla muestra los resultados del ensayo de resistencia a compresión del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2 + 25\%RC$ a los 21 días de curado, obteniendo una resistencia a la compresión promedio de 301 kg/cm^2 .

Tabla 44

Resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2 + 50\% \text{ residuo cerámico}$

Tipo de concreto	N°	Edad (días)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia compresión (kg/cm ²)
Concreto	1	21	10.1	80.12	22754	284
$f'_c=210$	2	21	10.1	80.12	23606	295
kg/cm ² + 50%RC	3	21	10.1	80.12	23240	290

Nota: La tabla muestra los resultados del ensayo de resistencia a compresión del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2 + 50\%RC$ a los 21 días de curado, obteniendo una resistencia a la compresión promedio de 290 kg/cm^2 .

Tabla 45

Resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2 + 75\% \text{ residuo cerámico}$

Tipo de concreto	N°	Edad (días)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia compresión (kg/cm ²)
Concreto	1	21	10.1	80.12	21635	270
$f'_c=210$	2	21	10.1	80.12	21216	265
kg/cm ² + 75%RC	3	21	10.1	80.12	20024	250

Nota: La tabla muestra los resultados del ensayo de resistencia a compresión del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2 + 75\%RC$ a los 21 días de curado, obteniendo una resistencia a la compresión promedio de 262 kg/cm^2 .

3.5.6.4. Resistencia a la compresión del concreto a edad de 28 días. En las siguientes tablas mostraremos los resultados obtenidos en laboratorio para los ensayos de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto a edad de 28 días.

Tabla 46

Resistencia a la compresión del concreto patrón $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$

Tipo de concreto	N°	Edad (días)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia compresión (kg/cm ²)
Concreto patrón	1	28	10.1	80.12	28733	359
	2	28	10.1	80.12	29964	374
$f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$	3	28	10.1	80.12	27468	343

Nota: La tabla muestra los resultados del ensayo de resistencia a compresión del concreto patrón a los 28 días de curado, obteniendo una resistencia a la compresión promedio de 359 kg/cm².

Tabla 47

Resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2 + 25\% \text{ residuo cerámico}$

Tipo de concreto	N°	Edad (días)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia compresión (kg/cm ²)
Concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$	1	28	10.1	80.12	25469	318
	2	28	10.1	80.12	25423	317
+ 25%RC	3	28	10.1	80.12	26499	331

Nota: La tabla muestra los resultados del ensayo de resistencia a compresión del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2 + 25\% \text{RC}$ a los 28 días de curado, obteniendo una resistencia a la compresión promedio de 322 kg/cm².

Tabla 48

Resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2 + 50\% \text{ residuo cerámico}$

Tipo de concreto	N°	Edad (días)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia compresión (kg/cm ²)
Concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$	1	28	10.1	80.12	24348	304
	2	28	10.1	80.12	23945	233
+ 50%RC	3	28	10.1	80.12	24907	311

Nota: La tabla muestra los resultados del ensayo de resistencia a compresión del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2 + 50\% \text{RC}$ a los 28 días de curado, obteniendo una resistencia a la compresión promedio de 305 kg/cm².

Tabla 49

Resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 75\% \text{ residuo cerámico}$

Tipo de concreto	N°	Edad (días)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia compresión (kg/cm ²)
Concreto	1	28	10.1	80.12	23621	295
$f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	2	28	10.1	80.12	22932	286
+ 75%RC	3	28	10.1	80.12	22284	278

Nota: La tabla muestra los resultados del ensayo de resistencia a compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 75\% \text{RC}$ a los 28 días de curado, obteniendo una resistencia a la compresión promedio de 286 kg/cm^2 .

3.5.7. Análisis de costos directos

3.5.7.1. Metrado de columnas vivienda de interés social. De acuerdo al plano típico de una vivienda de interés social se tiene que el metrado para columnas es el siguiente:

Tabla 50

Metrado de columnas vivienda de interés social

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Volumen (m ³)
Columna C-1	9	0.25	0.25	2.70	1.52
Columna C-A	1	0.25	0.15	2.70	0.10
Total					1.62

Nota: La tabla muestra la cantidad de m³ de concreto para las columnas de una vivienda típica de interés social.

3.5.7.2. Costo unitario. En las siguientes tablas se describe el costo unitario de los distintos tipos de concreto, concreto patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 25\% \text{RC}$, concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 50\% \text{RC}$, concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 75\% \text{RC}$.

Tabla 51

Costo unitario de concreto patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Rendimiento: m3/DIA		MO. 10.0000	EQ. 10.0000	Costo por: m3	468.72
Mano de obra					
Operario	hh	2.0000	1.6000	27.60	44.16

Oficial	hh	1.0000	0.8000	21.70	17.36
Peón	hh	8.0000	6.4000	19.63	125.63
Materiales					
Arena gruesa	m3		0.2930	55.08	16.14
Piedra chancada 1/2"	m3		0.3420	29.66	10.14
Cemento portland tipo I (42.5 kg)	bol		9.0800	25.00	227.00
Agua	m3		0.2160	5.00	1.08
Equipos					
Herramientas manuales	%mo		3.0000	187.15	5.61
Vibrador de concreto 4HP 2.40"	hm	1.0000	0.8000	12.50	10.00
Mezcladora de concreto de 9-11 p3	hm	1.0000	0.8000	14.50	11.60

Nota: La tabla el costo unitario del concreto patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ para columnas.

Tabla 52

Costo unitario de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 25\%RC$

Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Rendimiento: m3/DIA		MO. 10.0000	EQ. 10.0000	Costo por: m3	465.67
Mano de obra					
Operario	hh	2.0000	1.6000	27.60	44.16
Oficial	hh	1.0000	0.8000	21.70	17.36
Peón	hh	8.0000	6.4000	19.63	125.63
Materiales					
Arena gruesa	m3		0.2840	55.08	15.64
Piedra chancada 1/2"	m3		0.2560	29.66	7.59
Residuo cerámico	kg		0.0950	0.00	0.00
Cemento portland tipo I (42.5 kg)	bol		9.0800	25.00	227.00
Agua	m3		0.2160	5.00	1.08
Equipos					
Herramientas manuales	%mo		3.0000	187.15	5.61
Vibrador de concreto 4HP 2.40"	hm	1.0000	0.8000	12.50	10.00
Mezcladora de concreto de 9-11 p3	hm	1.0000	0.8000	14.50	11.60

Nota: La tabla el costo unitario del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 25\%RC$ para columnas.

Tabla 53*Costo unitario de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 50\%RC$*

Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Rendimiento: m3/DIA		MO. 10.0000	EQ. 10.0000	Costo por: m3	462.60
Mano de obra					
Operario	hh	2.0000	1.6000	27.60	44.16
Oficial	hh	1.0000	0.8000	21.70	17.36
Peón	hh	8.0000	6.4000	19.63	125.63
Materiales					
Arena gruesa	m3		0.2740	55.08	15.09
Piedra chancada 1/2"	m3		0.1710	29.66	5.07
Residuo cerámico	kg		0.1900	0.00	0.00
Cemento portland tipo I (42.5 kg)	bol		9.0800	25.00	227.00
Agua	m3		0.2160	5.00	1.08
Equipos					
Herramientas manuales	%mo		3.0000	187.15	5.61
Vibrador de concreto 4HP 2.40"	hm	1.0000	0.8000	12.50	10.00
Mezcladora de concreto de 9-11 p3	hm	1.0000	0.8000	14.50	11.60

Nota: La tabla el costo unitario del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 50\%RC$ para columnas.

Tabla 54*Costo unitario de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 75\%RC$*

Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Rendimiento: m3/DIA		MO. 10.0000	EQ. 10.0000	Costo por: m3	459.56
Mano de obra					
Operario	hh	2.0000	1.6000	27.60	44.16
Oficial	hh	1.0000	0.8000	21.70	17.36
Peón	hh	8.0000	6.4000	19.63	125.63
Materiales					
Arena gruesa	m3		0.2650	55.08	14.60
Piedra chancada 1/2"	m3		0.0850	29.66	2.52
Residuo cerámico	kg		0.2850	0.00	0.00
Cemento portland tipo I (42.5 kg)	bol		9.0800	25.00	227.00
Agua	m3		0.2160	5.00	1.08

Equipos

Herramientas manuales	%mo		3.0000	187.15	5.61
Vibrador de concreto	hm	1.0000	0.8000	12.50	10.00
4HP 2.40"					
Mezcladora de concreto	hm	1.0000	0.8000	14.50	11.60
de 9-11 p3					

Nota: La tabla el costo unitario del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 50%RC para columnas.

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Propuesta de investigación

Teniendo como prioridad el objetivo general de la investigación, el cual es determinar el efecto de los residuos cerámicos en el diseño de concreto simple para viviendas de interés social en el distrito de Huanchaco, se siguió el procedimiento adecuado de acuerdo a las normas técnicas peruanas y el ACI 211.

4.2. Análisis e Interpretación de resultados

4.2.1. Caracterización de materiales

La caracterización de los materiales se realizó mediante los ensayos en laboratorio del agregado fino, agregado grueso y residuos cerámicos; los cuales consistieron en contenido de humedad, material pasante en la malla N° 200, peso unitario suelto y compactado, peso específico y absorción y análisis granulométrico por tamizado. Donde se obtuvo como resultados las propiedades físicas mostradas en la Tabla 28, lo cual muestra que los agregados obtenidos en la cantera “Los Mellizos” cumplen los requisitos para el diseño de mezcla, obteniendo un tamaño máximo nominal para el agregado grueso de 1/2” y un módulo de fineza de 2.36 para el agregado fino; donde estos cumplen con lo normalizado de acuerdo a la NTP 400.037 (2014) la cual indica que el módulo de fineza del agregado fino debe encontrarse en el rango 2.3 a 3.1.

4.2.2. Diseño de mezcla

Tomando como guía el método ACI 211 se obtuvo las cantidades de agua, cemento, agregado grueso, residuo cerámico y agregado fino para 1 m³ de concreto con resistencia a la compresión de 210 kg/cm² y las diferentes proporciones de adición de residuos cerámicos, los cuales se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 55

Cantidades de materiales para un metro cúbico de concreto

Materiales	f'c 210 kg/cm ²	f'c 210 kg/cm ² + 25%RC	f'c 210 kg/cm ² + 50%RC	f'c 210 kg/cm ² + 75%RC
Cemento (kg)	386.82	386.82	386.82	386.82
Agregado (kg)	fino 796.41	807.69	818.70	830.25

Agregado grueso (kg)	881.12	660.85	440.56	220.29
Residuo cerámico (kg)	0.00	192.28	384.56	576.84
Agua (kg)	228.89	229.86	230.82	231.79

Nota: La tabla muestra los valores de diseño para un metro cúbico de concreto para las diferentes mezclas.

4.2.3. Asentamiento del concreto (SLUMP)

En la tabla 33 se muestran los resultados de los ensayos del concreto en estado fresco para los 4 tipos de mezcla, donde se determina lo siguiente.

Para el concreto patrón se obtuvo un resultado en laboratorio de 3 ½" de asentamiento el cual al encontrarse en el rango de 3" a 4" se considera como consistencia plástica, cumpliendo con lo requerido.

Para el concreto con adición del 25% de residuos cerámicos se obtuvo un resultado en laboratorio de 4 ¾" de asentamiento el cual se considera entre una consistencia plástica y fluida, encontrándose fuera del rango requerido.

Para el concreto con adición del 50% de residuos cerámicos se obtuvo un resultado en laboratorio de 5 ¼" de asentamiento el cual al encontrarse en el rango ≥ 5 " se considera como consistencia fluida, donde no cumple con la consistencia requerida.

Para el concreto con adición del 75% de residuos cerámicos se obtuvo un resultado en laboratorio de 5 ¾" de asentamiento el cual al encontrarse en el rango ≥ 5 " se considera como consistencia fluida, donde no cumple con la consistencia requerida.

4.2.4. Resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto

Posteriormente a los ensayos de concreto en estado fresco, se procedió a ensayar los testigos cilíndricos de cada tipo de mezcla a los 7, 14, 21 y 28 días donde se obtuvo los siguientes resultados.

4.2.4.1. Resistencia a la compresión del concreto a edad de 7 días. Los resultados obtenidos a edad de 7 días para los 4 tipos de mezcla se muestran en la Tabla 56.

Tabla 56

Resistencia a la compresión del concreto a edad de 7 días

Tipo de concreto	Resistencia a compresión promedio (kg/cm ²)	% de resistencia con respecto a 210 kg/cm ²
Concreto patrón f _c =210 kg/cm ²	241	114.76 %
Concreto f _c =210 kg/cm ² + 25%RC	224	106.67 %
Concreto f _c =210 kg/cm ² + 50%RC	197	93.81 %
Concreto f _c =210 kg/cm ² + 75%RC	168	80.00 %

Nota: La tabla muestra los valores de resistencia a la compresión a edad de 7 días promedio para cada tipo de mezcla.

4.2.4.1.1. Concreto patrón f_c=210 kg/cm². Se ensayó los 3 testigos cilíndricos de concreto, las cuales fueron elaboradas de manera tradicional y ensayadas a la edad de 7 días; donde se obtuvo una resistencia promedio de 241 kg/cm², el cual equivale a un 114.76% de la resistencia necesaria para 210 kg/cm².

4.2.4.1.2. Concreto f_c=210 kg/cm² + 25% residuos cerámicos. Se ensayó los 3 testigos cilíndricos de concreto, las cuales fueron elaboradas sustituyendo un 25% del agregado grueso por residuos cerámicos y ensayadas a la edad de 7 días; donde se obtuvo una resistencia promedio de 224 kg/cm², el cual equivale a un 106.67% de la resistencia necesaria para 210 kg/cm².

4.2.4.1.3. Concreto f_c=210 kg/cm² + 50% residuos cerámicos. Se ensayó los 3 testigos cilíndricos de concreto, las cuales fueron elaboradas sustituyendo un 50% del agregado grueso por residuos cerámicos y ensayadas a la edad de 7 días; donde se obtuvo una resistencia promedio de 197 kg/cm², el cual equivale a un 93.81% de la resistencia necesaria para 210 kg/cm².

4.2.4.1.4. Concreto f_c=210 kg/cm² +75% residuos cerámicos. Se ensayó los 3 testigos cilíndricos de concreto, las cuales fueron elaboradas sustituyendo un 75% del agregado grueso por residuos cerámicos y ensayadas a la edad de 7 días; donde se obtuvo una resistencia promedio de 168 kg/cm², el cual equivale a un 80.00% de la resistencia necesaria para 210 kg/cm².

4.2.4.2. Resistencia a la compresión del concreto a edad de 14 días. Los resultados obtenidos a edad de 14 días para los 4 tipos de mezcla se muestran en la Tabla 57.

Tabla 57

Resistencia a la compresión del concreto a edad de 14 días

Tipo de concreto	Resistencia a compresión promedio (kg/cm ²)	% de resistencia con respecto a 210 kg/cm ²
Concreto patrón f'c=210 kg/cm ²	302	143.81 %
Concreto f'c=210 kg/cm ² + 25%RC	286	136.19 %
Concreto f'c=210 kg/cm ² + 50%RC	264	125.71 %
Concreto f'c=210 kg/cm ² + 75%RC	238	113.33 %

Nota: La tabla muestra los valores de resistencia a la compresión a edad de 14 días promedio para cada tipo de mezcla.

4.2.4.2.1. Concreto patrón f'c=210 kg/cm². Se ensayó los 3 testigos cilíndricos de concreto, las cuales fueron elaboradas de manera tradicional y ensayadas a la edad de 14 días; donde se obtuvo una resistencia promedio de 302 kg/cm², el cual equivale a un 143.81% de la resistencia necesaria para 210 kg/cm².

4.2.4.2.2. Concreto f'c=210 kg/cm² + 25% residuos cerámicos. Se ensayó los 3 testigos cilíndricos de concreto, las cuales fueron elaboradas sustituyendo un 25% del agregado grueso por residuos cerámicos y ensayadas a la edad de 14 días; donde se obtuvo una resistencia promedio de 286 kg/cm², el cual equivale a un 136.19% de la resistencia necesaria para 210 kg/cm².

4.2.4.2.3. Concreto f'c=210 kg/cm² + 50% residuos cerámicos. Se ensayó los 3 testigos cilíndricos de concreto, las cuales fueron elaboradas sustituyendo un 50% del agregado grueso por residuos cerámicos y ensayadas a la edad de 14 días; donde se obtuvo una resistencia promedio de 264 kg/cm², el cual equivale a un 125.71% de la resistencia necesaria para 210 kg/cm².

4.2.4.2.4. Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ +75% residuos cerámicos. Se ensayó los 3 testigos cilíndricos de concreto, las cuales fueron elaboradas sustituyendo un 75% del agregado grueso por residuos cerámicos y ensayadas a la edad de 14 días; donde se obtuvo una resistencia promedio de 238 kg/cm², el cual equivale a un 113.33% de la resistencia necesaria para 210 kg/cm².

4.2.4.3. Resistencia a la compresión del concreto a edad de 21 días. Los resultados obtenidos a edad de 21 días para los 4 tipos de mezcla se muestran en la Tabla 58.

Tabla 58

Resistencia a la compresión del concreto a edad de 21 días

Tipo de concreto	Resistencia a compresión promedio (kg/cm ²)	% de resistencia con respecto a 210 kg/cm ²
Concreto patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	325	154.76 %
Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 25%RC	301	143.33 %
Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 50%RC	290	138.10 %
Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 75%RC	262	124.76 %

Nota: La tabla muestra los valores de resistencia a la compresión a edad de 21 días promedio para cada tipo de mezcla.

4.2.4.3.1. Concreto patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$. Se ensayó los 3 testigos cilíndricos de concreto, las cuales fueron elaboradas de manera tradicional y ensayadas a la edad de 21 días; donde se obtuvo una resistencia promedio de 325 kg/cm², el cual equivale a un 154.76% de la resistencia necesaria para 210 kg/cm².

4.2.4.3.2. Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 25% residuos cerámicos. Se ensayó los 3 testigos cilíndricos de concreto, las cuales fueron elaboradas sustituyendo un 25% del agregado grueso por residuos cerámicos y ensayadas a la edad de 21 días; donde se obtuvo una resistencia promedio de 301 kg/cm², el cual equivale a un 143.33% de la resistencia necesaria para 210 kg/cm².

4.2.4.3.3. Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 50% residuos cerámicos. Se ensayó los 3 testigos cilíndricos de concreto, las cuales fueron elaboradas sustituyendo un 50% del agregado grueso por residuos cerámicos y ensayadas a la edad de 21 días; donde se obtuvo una resistencia promedio de 290 kg/cm², el cual equivale a un 138.10% de la resistencia necesaria para 210 kg/cm².

4.2.4.3.4. Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ +75% residuos cerámicos. Se ensayó los 3 testigos cilíndricos de concreto, las cuales fueron elaboradas sustituyendo un 75% del agregado grueso por residuos cerámicos y ensayadas a la edad de 21 días; donde se obtuvo una resistencia promedio de 262 kg/cm², el cual equivale a un 124.76% de la resistencia necesaria para 210 kg/cm².

4.2.4.4. Resistencia a la compresión del concreto a edad de 28 días. Los resultados obtenidos a edad de 28 días para los 4 tipos de mezcla se muestran en la Tabla 59.

Tabla 59

Resistencia a la compresión del concreto a edad de 28 días

Tipo de concreto	Resistencia a compresión promedio (kg/cm ²)	% de resistencia con respecto a 210 kg/cm ²
Concreto patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	359	170.95 %
Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 25%RC	322	153.33 %
Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 50%RC	305	145.24 %
Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 75%RC	286	136.19 %

Nota: La tabla muestra los valores de resistencia a la compresión a edad de 28 días promedio para cada tipo de mezcla.

4.2.4.4.1. Concreto patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$. Se ensayó los 3 testigos cilíndricos de concreto, las cuales fueron elaboradas de manera tradicional y ensayadas a la edad de 28 días; donde se obtuvo una resistencia promedio de 359 kg/cm², el cual equivale a un 170.95% de la resistencia necesaria para 210 kg/cm².

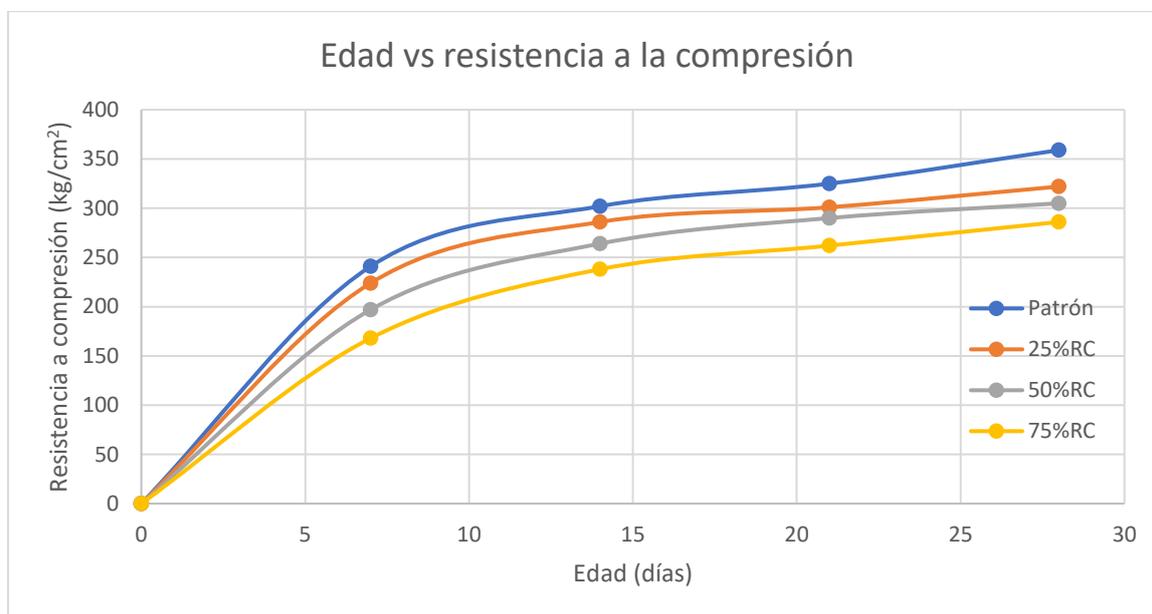
4.2.4.4.2. Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 25% residuos cerámicos. Se ensayó los 3 testigos cilíndricos de concreto, las cuales fueron elaboradas sustituyendo un 25% del agregado grueso por residuos cerámicos y ensayadas a la edad de 28 días; donde se obtuvo una resistencia promedio de 322 kg/cm², el cual equivale a un 153.33% de la resistencia necesaria para 210 kg/cm².

4.2.4.4.3. Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 50% residuos cerámicos. Se ensayó los 3 testigos cilíndricos de concreto, las cuales fueron elaboradas sustituyendo un 50% del agregado grueso por residuos cerámicos y ensayadas a la edad de 28 días; donde se obtuvo una resistencia promedio de 305 kg/cm², el cual equivale a un 145.24% de la resistencia necesaria para 210 kg/cm².

4.2.4.4.4. Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ +75% residuos cerámicos. Se ensayó los 3 testigos cilíndricos de concreto, las cuales fueron elaboradas sustituyendo un 75% del agregado grueso por residuos cerámicos y ensayadas a la edad de 28 días; donde se obtuvo una resistencia promedio de 286 kg/cm², el cual equivale a un 136.19% de la resistencia necesaria para 210 kg/cm².

Figura 5

Edad vs resistencia a la compresión de los 4 tipos de mezcla de concreto



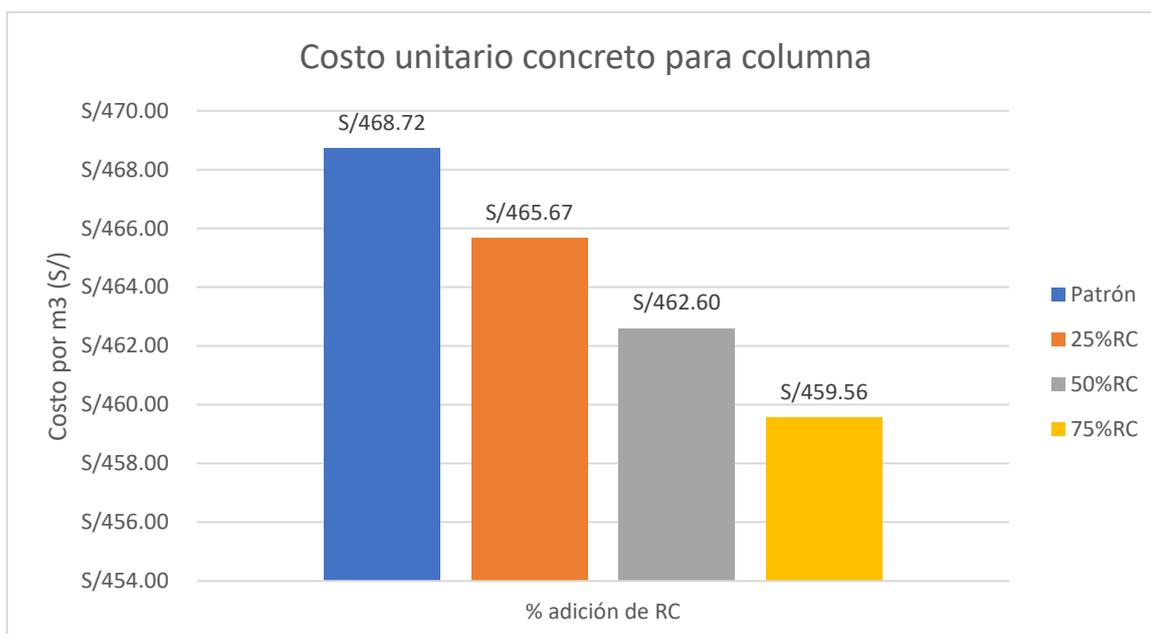
Nota: Comparación de los resultados de resistencia a la compresión de los testigos cilíndricos de concreto.

4.2.5. Análisis de costos

Finalizando con el análisis de resultados, se realizó el análisis de costos mediante el cual se obtuvo el costo por metro cúbico de concreto para columnas de acuerdo a los 4 tipos de mezcla, concreto patrón, concreto con 25% de residuos cerámicos, concreto con 50% de residuos cerámicos y concreto con 75% de residuos cerámicos; lo cual se muestra en la Figura 8.

Figura 6

Costo directo de un metro cúbico de concreto con diferentes porcentajes de adición



Nota: Comparación de precio unitario por metro cúbico de concreto para columna.

De la Figura 8 obtenemos que el costo para elaborar un metro cúbico de concreto patrón $f'c=210$ kg/cm² es de S/ 468.72 soles; además, para un concreto $f'c=210$ kg/cm² + 25% residuos cerámicos es de S/ 465.67 soles; asimismo, para un concreto $f'c=210$ kg/cm² + 50% residuos cerámicos es de S/ 462.60 soles y mientras que para un concreto $f'c=210$ kg/cm² + 75% residuos cerámicos es de S/ 459.56 soles.

Luego del cálculo del costo unitario por metro cúbico de concreto se determinó el costo total de columnas de una vivienda típica de interés social el cual se muestra en la Tabla 60.

Tabla 60

Costo total de columnas de una vivienda típica de interés social con diferentes porcentajes de adición

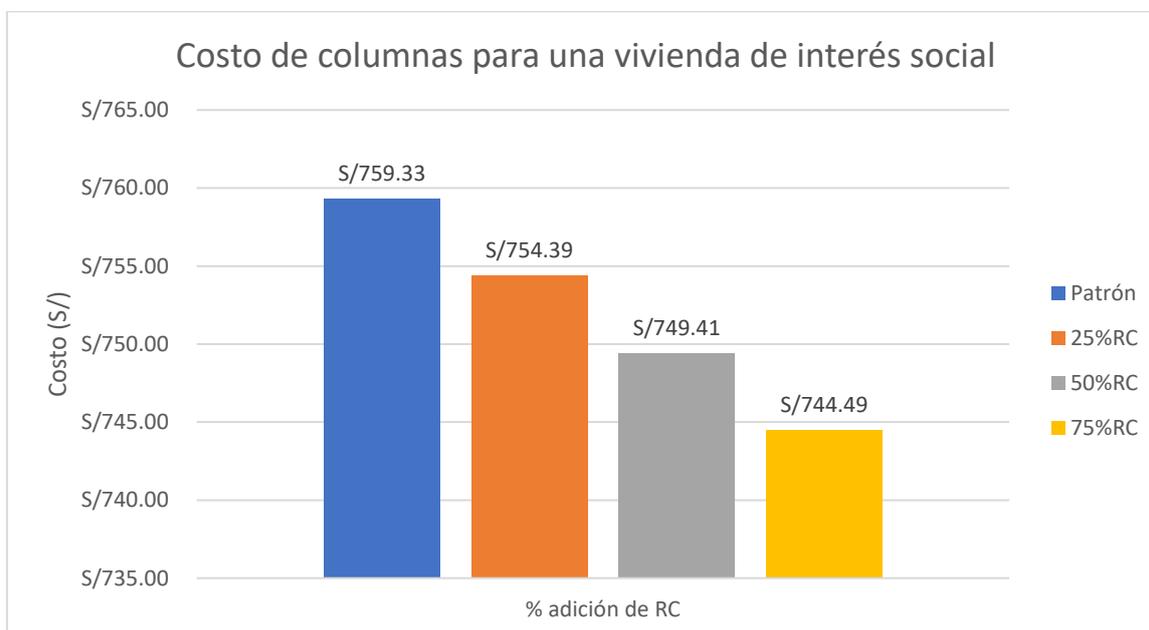
Descripción	Tipo de concreto	Volumen (m ³)	Costo por m ³ (S/)	Total (S/)
Columnas	F'c=210 kg/cm ²	1.62	468.72	759.33
	F'c=210 kg/cm ² + 25%RC	1.62	465.67	754.39
	F'c=210 kg/cm ² + 50%RC	1.62	462.60	749.41
	F'c=210 kg/cm ² + 75%RC	1.62	459.56	744.49

Nota: Comparación del costo total de columnas de una vivienda típica de interés social.

De la tabla 60 inferimos que el costo total de las columnas de concreto para una vivienda de interés social para el concreto patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ es de S/ 759.33 soles, para el concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 25\%$ residuos cerámicos es de S/ 754.39 soles, para el concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 50\%$ residuos cerámicos es de S/ 749.41 soles y para el concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 75\%$ residuos cerámicos es de S/ 744.49 soles; lo cual se muestra en la figura 9.

Figura 7

Costo total de columnas para una vivienda de interés social con diferentes porcentajes de adición



Nota: Comparación del costo total de columnas para una vivienda de interés social.

4.3. Docimasia de hipótesis

4.3.1. Análisis de distribución normal

4.3.1.1. Prueba de normalidad a edad de 7 días. Se realizó la prueba de Shapiro-Wilk, donde tenemos las siguientes hipótesis.

Hipótesis nula (Ho): Los valores obtenidos de resistencia a la compresión a edad de 7 días del concreto patrón y concreto con sustitución del 25%, 50% y 75% del agregado grueso por residuos cerámicos presentan una distribución normal. ($\alpha \geq 0.05$)

Hipótesis alterna (H1): Los valores obtenidos de resistencia a la compresión a edad de 7 días del concreto patrón y concreto con sustitución del 25%, 50% y 75% del agregado grueso por residuos cerámicos no presentan una distribución normal. ($\alpha < 0.05$)

Tabla 61

Prueba de normalidad de los diferentes tipos de concreto a edad de 7 días

Porcentaje de adición de residuos de cerámica	Estadístico	N° de testigos cilíndricos	Significancia	Análisis
Concreto patrón F'c=210 kg/cm ²	0.95144	3	0.5756	Sí presenta normalidad
F'c=210 kg/cm ² + 25%RC	0.99324	3	0.8428	Sí presenta normalidad
F'c=210 kg/cm ² + 50%RC	0.99937	3	0.9521	Sí presenta normalidad
F'c=210 kg/cm ² + 75%RC	0.89286	3	0.3631	Sí presenta normalidad

Nota: Resultados de significancia de la prueba de normalidad Shapiro-Wilk.

Los resultados de significancia obtenidos en la prueba de Shapiro-Wilk indican que se acepta la hipótesis nula, debido a que los 4 valores obtenidos superan al 0.05; lo cual indica que los valores presentan una distribución normal, por consiguiente, se realizará la prueba ANOVA para determinar el análisis de varianza de los datos obtenidos.

4.3.1.2. Prueba de normalidad a edad de 14 días. Se realizó la prueba de Shapiro-Wilk, donde tenemos las siguientes hipótesis.

Hipótesis nula (Ho): Los valores obtenidos de resistencia a la compresión a edad de 14 días del concreto patrón y concreto con sustitución del 25%, 50% y 75%

del agregado grueso por residuos cerámicos presentan una distribución normal. ($\alpha \geq 0.05$)

Hipótesis alterna (H1): Los valores obtenidos de resistencia a la compresión a edad de 14 días del concreto patrón y concreto con sustitución del 25%, 50% y 75% del agregado grueso por residuos cerámicos no presentan una distribución normal. ($\alpha < 0.05$)

Tabla 62

Prueba de normalidad de los diferentes tipos de concreto a edad de 14 días

Porcentaje de adición de residuos de cerámica	Estadístico	N° de testigos cilíndricos	Significancia	Análisis
Concreto patrón F'c=210 kg/cm ²	0.96429	3	0.6369	Sí presenta normalidad
F'c=210 kg/cm ² + 25%RC	0.98684	3	0.7804	Sí presenta normalidad
F'c=210 kg/cm ² + 50%RC	0.99324	3	0.8428	Sí presenta normalidad
F'c=210 kg/cm ² + 75%RC	0.96429	3	0.6369	Sí presenta normalidad

Nota: Resultados de significancia de la prueba de normalidad Shapiro-Wilk.

Los resultados de significancia obtenidos en la prueba de Shapiro-Wilk indican que se acepta la hipótesis nula, debido a que los 4 valores obtenidos superan al 0.05; lo cual indica que los valores presentan una distribución normal, por consiguiente, se realizará la prueba ANOVA para determinar el análisis de varianza de los datos obtenidos.

4.3.1.3. Prueba de normalidad a edad de 21 días. Se realizó la prueba de Shapiro-Wilk, donde tenemos las siguientes hipótesis.

Hipótesis nula (H₀): Los valores obtenidos de resistencia a la compresión a edad de 21 días del concreto patrón y concreto con sustitución del 25%, 50% y 75% del agregado grueso por residuos cerámicos presentan una distribución normal. ($\alpha \geq 0.05$)

Hipótesis alterna (H1): Los valores obtenidos de resistencia a la compresión a edad de 21 días del concreto patrón y concreto con sustitución del 25%, 50% y 75% del agregado grueso por residuos cerámicos no presentan una distribución normal. ($\alpha < 0.05$)

Tabla 63*Prueba de normalidad de los diferentes tipos de concreto a edad de 21 días*

Porcentaje de adición de residuos de cerámica	Estadístico	N° de testigos cilíndricos	Significancia	Análisis
Concreto patrón F'c=210 kg/cm ²	0.92308	3	0.4633	Sí presenta normalidad
F'c=210 kg/cm ² + 25%RC	0.87097	3	0.2983	Sí presenta normalidad
F'c=210 kg/cm ² + 50%RC	0.99725	3	0.8999	Sí presenta normalidad
F'c=210 kg/cm ² + 75%RC	0.92308	3	0.4633	Sí presenta normalidad

Nota: Resultados de significancia de la prueba de normalidad Shapiro-Wilk.

Los resultados de significancia obtenidos en la prueba de Shapiro-Wilk indican que se acepta la hipótesis nula, debido a que los 4 valores obtenidos superan al 0.05; lo cual indica que los valores presentan una distribución normal, por consiguiente, se realizará la prueba ANOVA para determinar el análisis de varianza de los datos obtenidos.

4.3.1.4. Prueba de normalidad a edad de 28 días. Se realizó la prueba de Shapiro-Wilk, donde tenemos las siguientes hipótesis.

Hipótesis nula (H₀): Los valores obtenidos de resistencia a la compresión a edad de 28 días del concreto patrón y concreto con sustitución del 25%, 50% y 75% del agregado grueso por residuos cerámicos presentan una distribución normal. ($\alpha \geq 0.05$)

Hipótesis alterna (H₁): Los valores obtenidos de resistencia a la compresión a edad de 28 días del concreto patrón y concreto con sustitución del 25%, 50% y 75% del agregado grueso por residuos cerámicos no presentan una distribución normal. ($\alpha < 0.05$)

Tabla 64*Prueba de normalidad de los diferentes tipos de concreto a edad de 28 días*

Porcentaje de adición de residuos de cerámica	Estadístico	N° de testigos cilíndricos	Significancia	Análisis
Concreto patrón F'c=210 kg/cm ²	0.99965	3	0.9644	Sí presenta normalidad

F'c=210 kg/cm ² + 25%RC	0.80328	3	0.1223	Sí presenta normalidad
F'c=210 kg/cm ² + 50%RC	0.99083	3	0.8168	Sí presenta normalidad
F'c=210 kg/cm ² + 75%RC	0.99885	3	0.9352	Sí presenta normalidad

Nota: Resultados de significancia de la prueba de normalidad Shapiro-Wilk.

Los resultados de significancia obtenidos en la prueba de Shapiro-Wilk indican que se acepta la hipótesis nula, debido a que los 4 valores obtenidos superan al 0.05; lo cual indica que los valores presentan una distribución normal, por consiguiente, se realizará la prueba ANOVA para determinar el análisis de varianza de los datos obtenidos.

4.3.2. Análisis de varianza

4.3.2.1. Prueba de hipótesis a edad de 7 días. Se realizó la prueba de ANOVA, debido a que los resultados obtenidos de la prueba Shapiro-Wilk indican que los datos presentan una distribución normal.

Hipótesis nula (H₀): Las medias obtenidas de resistencia a la compresión a edad de 7 días del concreto patrón y concreto con sustitución del 25%, 50% y 75% del agregado grueso por residuos cerámicos son iguales. ($\alpha \geq 0.05$)

Hipótesis alterna (H₁): Las medias obtenidas de resistencia a la compresión a edad de 7 días del concreto patrón y concreto con sustitución del 25%, 50% y 75% del agregado grueso por residuos cerámicos son diferentes. ($\alpha < 0.05$)

Tabla 65

Análisis descriptivo de los grupos con resistencia a la compresión a edad de 7 días

Descripción	n _i	Sumatoria	Promedio	Varianza
Concreto patrón F'c=210 kg/cm ²	3	723	241.00	139.00
F'c=210 kg/cm ² + 25%RC	3	673	224.33	12.33
F'c=210 kg/cm ² + 50%RC	3	592	197.33	132.33
F'c=210 kg/cm ² + 75%RC	3	504	168.00	7.00

Nota: Datos para el cálculo de la significancia de la prueba ANOVA.

Con los datos obtenidos en la tabla 65 se realizó la prueba ANOVA obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 66*Prueba de hipótesis a edad de 7 días con ANOVA*

Fuente de variación	de	Suma de cuadrados	de	Grados de libertad	Media cuadrática	F _{experimental}	F _{crítico}	P-valor
Entre muestras	las	9207.33		3	3069.1111	42.2355	4.0662	0.0000299
Dentro de muestras	las	581.33		8	72.6667			
Total		9788.67		11				

Nota: Resultados del análisis de la hipótesis mediante la prueba ANOVA.

La prueba de ANOVA de la resistencia a la compresión a edad de 7 días, debido a que el valor de F experimental es mayor que el F crítico y el P-valor es menor que 0.05; se rechaza la hipótesis nula, aceptando la hipótesis alterna que indica que la resistencia a la compresión media de los grupos son diferentes.

4.3.2.2. Prueba de hipótesis a edad de 14 días. Se realizó la prueba de ANOVA, debido a que los resultados obtenidos de la prueba Shapiro-Wilk indican que los datos presentan una distribución normal.

Hipótesis nula (H₀): Las medias obtenidas de resistencia a la compresión a edad de 14 días del concreto patrón y concreto con sustitución del 25%, 50% y 75% del agregado grueso por residuos cerámicos son iguales. ($\alpha \geq 0.05$)

Hipótesis alterna (H₁): Las medias obtenidas de resistencia a la compresión a edad de 14 días del concreto patrón y concreto con sustitución del 25%, 50% y 75% del agregado grueso por residuos cerámicos son diferentes. ($\alpha < 0.05$)

Tabla 67*Análisis descriptivo de los grupos con resistencia a la compresión a edad de 14 días*

Descripción	n _i	Sumatoria	Promedio	Varianza
Concreto patrón F'c=210 kg/cm ²	3	906	302.00	21.00
F'c=210 kg/cm ² + 25%RC	3	857	285.67	6.33
F'c=210 kg/cm ² + 50%RC	3	791	263.67	12.33
F'c=210 kg/cm ² + 75%RC	3	713	237.67	37.33

Nota: Datos para el cálculo de la significancia de la prueba ANOVA.

Con los datos obtenidos en la tabla 67 se realizó la prueba ANOVA obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 68

Prueba de hipótesis a edad de 14 días con ANOVA

Fuente de variación	de	Suma de cuadrados	de	Grados de libertad	Media cuadrática	$F_{\text{experimental}}$	$F_{\text{crítico}}$	P-valor
Entre muestras	las	7004.25		3	2334.75	121.2857	4.0662	0.0000005
Dentro de muestras	las	154.00		8	19.25			
Total		7158.25		11				

Nota: Resultados del análisis de la hipótesis mediante la prueba ANOVA.

La prueba de ANOVA de la resistencia a la compresión a edad de 14 días, debido a que el valor de F experimental es mayor que el F crítico y el P-valor es menor que 0.05; se rechaza la hipótesis nula, aceptando la hipótesis alterna que indica que la resistencia a la compresión media de los grupos son diferentes.

4.3.2.3. Prueba de hipótesis a edad de 21 días. Se realizó la prueba de ANOVA, debido a que los resultados obtenidos de la prueba Shapiro-Wilk indican que los datos presentan una distribución normal.

Hipótesis nula (H_0): Las medias obtenidas de resistencia a la compresión a edad de 21 días del concreto patrón y concreto con sustitución del 25%, 50% y 75% del agregado grueso por residuos cerámicos son iguales. ($\alpha \geq 0.05$)

Hipótesis alterna (H_1): Las medias obtenidas de resistencia a la compresión a edad de 21 días del concreto patrón y concreto con sustitución del 25%, 50% y 75% del agregado grueso por residuos cerámicos son diferentes. ($\alpha < 0.05$)

Tabla 69

Análisis descriptivo de los grupos con resistencia a la compresión a edad de 21 días

Descripción	n_i	Sumatoria	Promedio	Varianza
Concreto patrón $F'c=210$ kg/cm ²	3	974	324.67	17.33
$F'c=210$ kg/cm ² + 25%RC	3	902	300.67	10.33
$F'c=210$ kg/cm ² + 50%RC	3	869	289.67	30.33
$F'c=210$ kg/cm ² + 75%RC	3	785	261.67	108.33

Nota: Datos para el cálculo de la significancia de la prueba ANOVA.

Con los datos obtenidos en la tabla 69 se realizó la prueba ANOVA obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 70

Prueba de hipótesis a edad de 21 días con ANOVA

Fuente de variación	de	Suma de cuadrados	de	Grados de libertad	Media cuadrática	F _{experimental}	F _{crítico}	P-valor
Entre muestras	las	6147.00		3	2049.00	49.2745	4.0662	0.000017
Dentro de muestras	las	332.67		8	41.58			
Total		6479.67		11				

Nota: Resultados del análisis de la hipótesis mediante la prueba ANOVA.

La prueba de ANOVA de la resistencia a la compresión a edad de 21 días, debido a que el valor de F experimental es mayor que el F crítico y el P-valor es menor que 0.05; se rechaza la hipótesis nula, aceptando la hipótesis alterna que indica que la resistencia a la compresión media de los grupos son diferentes.

4.3.2.4. Prueba de hipótesis a edad de 28 días. Se realizó la prueba de ANOVA, debido a que los resultados obtenidos de la prueba Shapiro-Wilk indican que los datos presentan una distribución normal.

Hipótesis nula (H₀): Las medias obtenidas de resistencia a la compresión a edad de 28 días del concreto patrón y concreto con sustitución del 25%, 50% y 75% del agregado grueso por residuos cerámicos son iguales. ($\alpha \geq 0.05$)

Hipótesis alterna (H₁): Las medias obtenidas de resistencia a la compresión a edad de 28 días del concreto patrón y concreto con sustitución del 25%, 50% y 75% del agregado grueso por residuos cerámicos son diferentes. ($\alpha < 0.05$)

Tabla 71

Análisis descriptivo de los grupos con resistencia a la compresión a edad de 28 días

Descripción	n _i	Sumatoria	Promedio	Varianza
Concreto patrón F'c=210 kg/cm ²	3	1076	358.67	240.33
F'c=210 kg/cm ² + 25%RC	3	966	322.00	61.00
F'c=210 kg/cm ² + 50%RC	3	914	304.67	36.33

F'c=210 kg/cm² + 75%RC 3 859 286.33 72.33

Nota: Datos para el cálculo de la significancia de la prueba ANOVA.

Con los datos obtenidos en la tabla 71 se realizó la prueba ANOVA obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 72

Prueba de hipótesis a edad de 28 días con ANOVA

Fuente de variación	de	Suma de cuadrados	de	Grados de libertad	de	Media cuadrática	F _{experimental}	F _{crítico}	P-valor
Entre muestras	las	8550.92		3		2850.31	27.8079	4.0662	0.000139
Dentro de muestras	las	820.00		8		102.50			
Total		9370.92		11					

Nota: Resultados del análisis de la hipótesis mediante la prueba ANOVA.

La prueba de ANOVA de la resistencia a la compresión a edad de 28 días, debido a que el valor de F experimental es mayor que el F crítico y el P-valor es menor que 0.05; se rechaza la hipótesis nula, aceptando la hipótesis alterna que indica que la resistencia a la compresión media de los grupos son diferentes.

V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1. Caracterización de los agregados

Cabe recalcar que la caracterización de los agregados es la base para realizar un correcto diseño de mezcla y por consiguiente obtener resultados positivos en el ensayo de resistencia a la compresión. Seguidamente, mencionaremos los resultados obtenidos de los ensayos llevados a cabo.

Luego de realizar el análisis granulométrico del agregado fino, se determinó el módulo de finura (MF) del mismo, el cual es de 2.36; si revisamos la norma técnica peruana NTP 400.037, indica que el módulo de fineza no será menor de 2.3 ni mayor de 3.1, lo cual está de acuerdo el valor que obtuvimos. Por otra parte, si revisamos la TABLA 1 de esta normativa, de acuerdo al porcentaje que pasa de agregado fino, este no se encuentra en el rango indicado para el Tamiz N°50, lo cual como indica la norma afecta la trabajabilidad; sin embargo, la norma también indica que se permite el uso de este agregado si existen estudios que aseguren que dicho agregado producirá concreto de la resistencia requerida, como se observará luego.

Con respecto al análisis granulométrico del agregado grueso, se obtuvo el tamaño máximo (TM) y el tamaño máximo nominal (TMN). Dando como resulta un tamaño máximo nominal de 1/2", correspondiente al menor tamiz que tiene el primer retenido y un tamaño máximo de 3/4", correspondiente al tamiz con menor tamaño donde pasa el 100% de la muestra. Del mismo modo, los porcentajes que pasan del agregado corresponden a los límites Huso 7 de la normativa NTP 400.037.

Posteriormente se realizó el análisis de peso unitario del agregado fino, agregado grueso y residuos cerámicos; donde se obtuvo un peso unitario suelto (PUS) de 1645 kg/m³ para el agregado fino, 1339 kg/m³ para el agregado grueso y 1123 kg/m³ para los residuos cerámicos. Además, se obtuvo un peso unitario compactado (PUC) de 1814 kg/m³ para el agregado fino, 1476 kg/m³ para el agregado grueso y 1262 kg/m³ para los residuos cerámicos.

En consiguiente se procedió con el análisis de peso específico, obteniendo un valor de 2670 kg/m³ para el agregado fino, 2590 kg/m³ para el agregado grueso y 2330 kg/m³ para los residuos cerámicos.

Finalmente, el contenido de humedad obtenido para el agregado fino es de 0.6%, para el agregado grueso es de 0.5% y para los residuos cerámicos es de

0.7%. Asimismo, la absorción es de 0.9% para el agregado fino, 1.7% para el agregado grueso y 2.6% para los residuos cerámicos.

5.2. Diseño de mezcla del concreto

El diseño de mezcla realizado mediante la metodología ACI 211 cumple con la calidad esperada para un concreto con resistencia a la compresión de 210 kg/cm², debido a que los 4 tipos de mezcla lograron una resistencia a la compresión correspondiente a la edad de 28 días, y estas a su vez tuvieron una buena manejabilidad en el llenado de los testigos circulares. Los materiales calculados para un m³ de concreto son los siguientes.

Para el concreto patrón $f'c=210$ kg/cm², 386.82 kg de cemento tipo I, 796.41 kg de agregado fino, 881.12 kg de agregado grueso y 228.89 kg de agua. Estos datos son los correspondientes a los pesos corregidos por humedad.

Para el concreto $f'c=210$ kg/cm² + 25% residuos cerámicos, 386.82 kg de cemento tipo I, 807.69 kg de agregado fino, 660.85 kg de agregado grueso, 192.28 kg de residuos cerámicos y 229.86 kg de agua. Estos datos son los correspondientes a los pesos corregidos por humedad.

Para el concreto $f'c=210$ kg/cm² + 50% residuos cerámicos, 386.82 kg de cemento tipo I, 818.70 kg de agregado fino, 440.56 kg de agregado grueso, 384.56 kg de residuos cerámicos y 230.82 kg de agua. Estos datos son los correspondientes a los pesos corregidos por humedad.

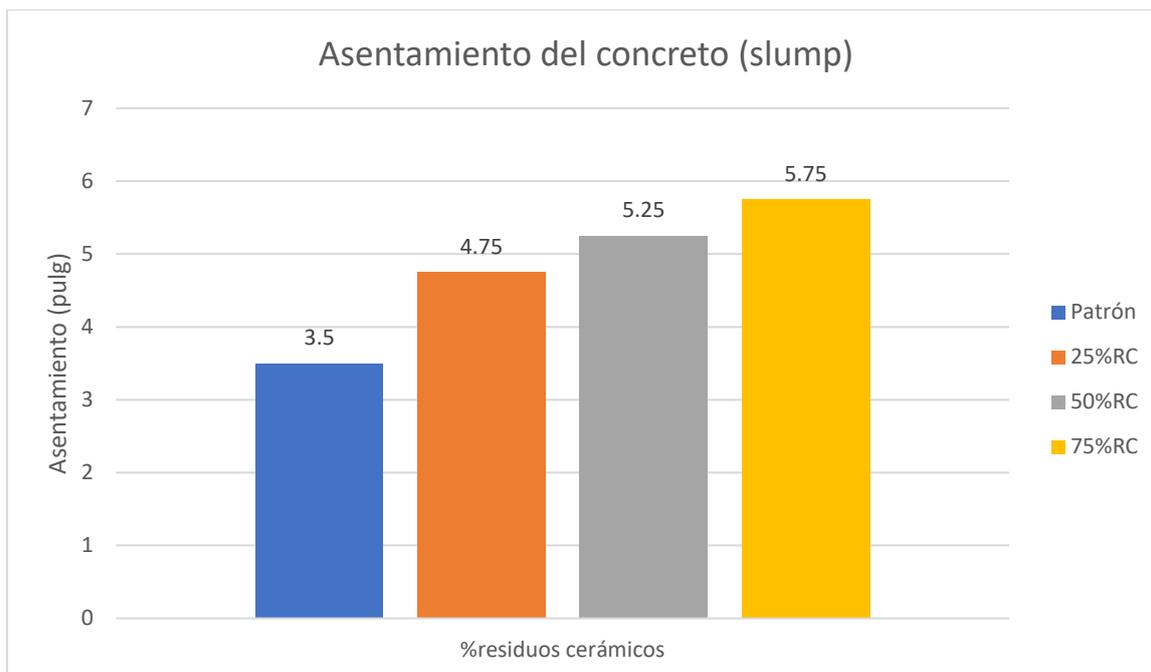
Para el concreto $f'c=210$ kg/cm² + 75% residuos cerámicos, 386.82 kg de cemento tipo I, 830.25 kg de agregado fino, 220.29 kg de agregado grueso, 576.84 kg de residuos cerámicos y 231.79 kg de agua. Estos datos son los correspondientes a los pesos corregidos por humedad.

5.3. Propiedades mecánicas del concreto

Iniciando con los ensayos en estado líquido del concreto se obtuvo que el asentamiento del concreto patrón es de 3 1/2" (8.89 cm), cumpliendo con el diseño establecido, debido a que el diseño se realizó con un asentamiento de 3" a 4". Sin embargo, en el concreto con reemplazo del agregado grueso por residuos cerámicos el asentamiento aumentó gradualmente como podemos observar en la Figura 8.

Figura 8

Asentamiento del concreto (slump)



Nota: Comparación del asentamiento de las 4 mezclas de concreto en pulgadas.

Obteniendo como resultado un concreto con consistencia fluida, el cual es fácilmente moldeable. Además, con el incremento de los residuos cerámicos el peso unitario del concreto en estado fresco disminuye debido a que estos presentan un peso menor en comparación al agregado grueso.

Para el ensayo de resistencia a la compresión se utilizaron un total de 48 testigos circulares de diámetro 10.10 cm y área 80.12 cm². Los ensayos se realizaron a edades de 7 días, 14 días, 21 días y 28 días de curado. Por consiguiente, se ensayaron 12 testigos por cada edad; y, debido a que contamos con 4 tipos de mezcla (patrón, 25%RC, 50%RC y 75%RC), se tomaron 12 testigos para el concreto patrón, 12 testigos para el concreto con un reemplazo del 25% de agregado grueso por residuos cerámicos, 12 testigos para el concreto con un reemplazo del 50% de agregado grueso por residuos cerámicos y 12 testigos para el concreto con un reemplazo del 75% de agregado grueso por residuos cerámicos.

Los resultados que se obtuvo en el estudio guardan relación con los antecedentes antes mencionados; donde Castillo (2018), concluyó que el concreto con una sustitución del 50% del agregado grueso por desperdicio de baldosas cerámicas tuvo una resistencia a la compresión promedio de 237.77 kg/cm² a los 28 días, del mismo modo concluyó que el concreto con una sustitución del 75% del agregado grueso por desperdicio de baldosas cerámicas tuvo una resistencia a la

compresión promedio de 219.62 kg/cm² a los 28 días; donde nuestros resultados presentan concordancia a lo concluido teniendo una resistencia de 305 kg/cm² en el concreto con 50% de residuos cerámicos y 286 kg/cm² en el concreto con un 75% de residuos cerámicos.

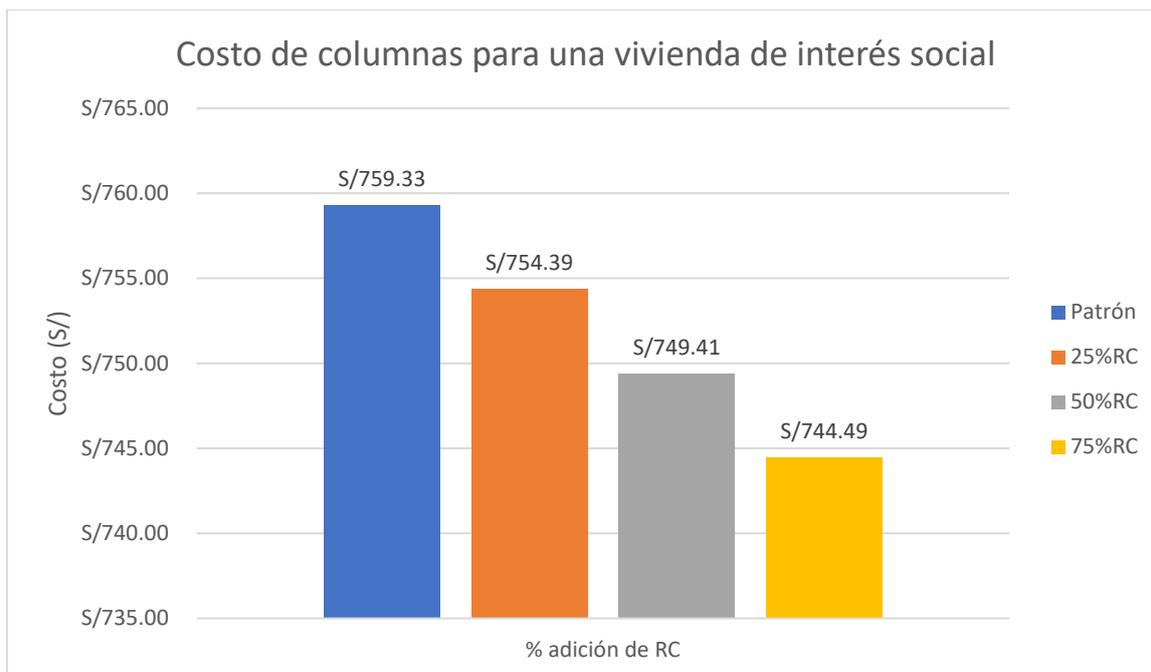
Respecto a la hipótesis planteada, se verifica con la docimasia que los residuos cerámicos presentan una influencia considerable en el diseño de concreto simple para viviendas de interés social en el distrito de huanchaco, debido a que los valores obtenidos de significancia son menores a 0.05 indica que los valores obtenidos entre el concreto patrón y los concretos elaborados con sustitución del 25%, 50% y 75% de agregado grueso por residuos cerámicos presentan diferencias entre los mismos. Teniendo en cuenta que este concreto presenta una disminución de resistencia del 10.31%, 15.04% y 20.33% del concreto con sustitución del 25%, 50% y 75% de agregado grueso por residuos cerámicos, frente al concreto patrón respectivamente; sin embargo, los valores obtenidos superan el valor de diseño de 210 kg/cm², por lo cual pueden ser utilizados para la construcción.

5.4. Costos de vivienda de interés social

Si bien es cierto, la reducción de costos en una sola vivienda de interés social no sería significativa, debido a que este concreto con residuos cerámicos sería utilizado para la elaboración de las columnas como se observa en la Figura 13.

Figura 9

Costo total de columnas para una vivienda de interés social con diferentes porcentajes de adición



Nota: Comparación del costo total de columnas para una vivienda de interés social.

Generalmente los proyectos de interés social abarcan no solo una vivienda de interés social, si no un conjunto de las mismas generando una diferencia de costos mayor. Además de los beneficios ambientales que estamos generando, al reducir la contaminación reutilizando materiales considerados como desperdicios en la construcción.

El concreto patrón vendría siendo el más costoso de los 4 debido a que presenta una elaboración tradicional, sin la reutilización de ningún material para su fabricación.

Mientras que a medida que aumentamos el reemplazo del agregado grueso por residuos cerámicos se aprecia una disminución en los costos de elaboración del concreto.

VI. CONCLUSIONES

1. La presente investigación realizada estipula que los 3 tipos de adiciones de residuos cerámicos, 25%, 50% y 75% llegan a resultados inferiores de resistencia a la compresión en comparación del concreto patrón; sin embargo, todas superan el diseño de 210 kg/cm², por consiguiente, cumplen con su objetivo de brindar la resistencia a la compresión requerida.
2. Respecto a la caracterización de los agregados, el agregado fino presenta un módulo de finura de 2.36, el cual es mayor a los 2.3 indicado en la NTP 400.037; además, en cuanto a la granulometría de este cumple los porcentajes que pasan excepto el del tamiz N° 50, lo cual la norma mencionada anteriormente indica que, si al utilizar dicho material brinda un concreto con la trabajabilidad y resistencia a la compresión esperadas, puede utilizarse dicho agregado para la elaboración de concreto. Por otra parte, el agregado grueso cumple con los límites indicados en la NTP 400.037, mientras que los residuos cerámicos no cumplen con el porcentaje que pasa en el tamiz 3/4" de los límites de la NTP 400.037. Debido a que los 3 materiales que se utilizarán en el diseño de mezcla dieron como resultado un concreto con buena trabajabilidad y resistencia a la compresión, pueden utilizarse para la elaboración de concreto.
3. Se elaboró el diseño de mezcla para el concreto con resistencia a la compresión de 210 kg/cm² a través del método del ACI 211, lo cual resultó en una mezcla con buena trabajabilidad y consistencias distintas de acuerdo a los tipos de mezcla; el concreto patrón consiguió una consistencia plástica, el concreto con adición del 25% de residuos cerámicos obtuvo una consistencia plástica, el concreto con adición del 50% de residuos cerámicos, consiguió una consistencia fluida al igual que el concreto con adición del 75% de residuos cerámicos.
4. Se determinó la cantidad de materiales para los distintos tipos de mezcla de concreto.
5. Se elaboraron 48 testigos cilíndricos de concreto para cada tipo de mezcla y las distintas edades de curado, en relación con la NTP 339.033 "Práctica Normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo" para su posterior ensayo de resistencia a la compresión.

6. El valor de la resistencia a la compresión obtenida a los 7 días de curado dio como resultado que el concreto patrón obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 241 kg/cm² siendo superior al concreto con distintos porcentajes de adición; los cuales tuvieron los siguientes resultados, el concreto con adición del 25% de residuos cerámicos obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 224 kg/cm², para el concreto con adición del 50% de residuos cerámicos 197 kg/cm² y para el concreto con adición del 75% de residuos cerámicos 168 kg/cm².
7. El valor de la resistencia a la compresión obtenida a los 14 días de curado dio como resultado que el concreto patrón obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 302 kg/cm² siendo superior al concreto con distintos porcentajes de adición; los cuales tuvieron los siguientes resultados, el concreto con adición del 25% de residuos cerámicos obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 286 kg/cm², para el concreto con adición del 50% de residuos cerámicos 264 kg/cm² y para el concreto con adición del 75% de residuos cerámicos 238 kg/cm².
8. El valor de la resistencia a la compresión obtenida a los 21 días de curado dio como resultado que el concreto patrón obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 325 kg/cm² siendo superior al concreto con distintos porcentajes de adición; los cuales tuvieron los siguientes resultados, el concreto con adición del 25% de residuos cerámicos obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 301 kg/cm², para el concreto con adición del 50% de residuos cerámicos 290 kg/cm² y para el concreto con adición del 75% de residuos cerámicos 262 kg/cm².
9. El valor de la resistencia a la compresión obtenida a los 28 días de curado dio como resultado que el concreto patrón obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 359 kg/cm² siendo superior al concreto con distintos porcentajes de adición; los cuales tuvieron los siguientes resultados, el concreto con adición del 25% de residuos cerámicos obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 322 kg/cm², para el concreto con adición del 50% de residuos cerámicos 305 kg/cm² y para el concreto con adición del 75% de residuos cerámicos 286 kg/cm².
10. Con relación a la hipótesis planteada, los residuos cerámicos presentan una influencia considerable en el diseño de concreto simple para viviendas de

interés social; el cual se verifica con la docimasia de hipótesis presentada, obteniendo valores de significancia menores a 0.05.

11. Respecto a los costos de las viviendas de interés social, este diseño de concreto se realizó con la finalidad de ser utilizado en las columnas, por lo que se obtuvo un costo de S/ 759.33 para el concreto patrón, S/ 754.39 para el concreto con adición del 25% de residuos cerámicos, S/ 749.41 para el concreto con adición del 50% de residuos cerámicos y S/ 744.49 para el concreto con adición del 75% de residuos cerámicos.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda investigar el comportamiento del concreto con adición de residuos cerámicos en su resistencia a la tracción, resistencia ante los sulfatos y resistencia a la flexión.
2. Se recomienda evaluar la resistencia a la compresión del concreto con adición de residuos cerámicos a la edad de 90 días de curado.
3. Se recomienda efectuar estudios relacionados a la condición ambiental de Huanchaco, para analizar su efecto en las propiedades mecánicas del concreto con adición de residuos cerámicos en las estructuras construidas en esta localidad.
4. Se recomienda elaborar un estudio de costos más detallados, incluyendo gastos directos o indirectos, para la elaboración de viviendas de interés social utilizando concreto con adición de residuos cerámicos.
5. Se recomienda realizar estudios donde los residuos cerámicos sean reemplazo del agregado fino para ver si existe un aumento en su resistencia a la compresión.

VIII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Society for Testing and Materials (2016). *ASTM C192/C192M-16 Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory*, https://doi.org/10.1520/C0192_C0192M-16
- Amitkumar, D., Indrajit, N. y Jayeshkumar, P. (2013). Ceramic Waste: Effective Replacement of Cement for Establishing Sustainable Concrete. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 4(6), 2324-2329. <https://ijettjournal.org/volume-4/issue-6/IJETT-V4I6P121.pdf>
- Comité ACI 318 (2011). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-11) y Comentario*. American Concrete Institute.
- Castillo, J. (2018). *Sustitución de 50% y 75% de agregado grueso por desperdicio de baldosas cerámicas en la resistencia a la compresión de un concreto $f'c=210$ kg/cm²* [Tesis de pregrado, Universidad San Pedro]. Repositorio Institucional – Universidad San Pedro.
- CIDIVL. (03 de abril de 2019). *Reutilización de residuos de cerámica para la reducción de la contaminación ambiental.* <https://istvicenteleon.edu.ec/investigacion/2019/04/03/mkt01/>
- Fundación Laboral de la Construcción. (s.f.). Probeta. En *Diccionario de la Construcción*. Recuperado el 07 de febrero, 2023, de <https://www.diccionariodelaconstruccion.com/acondicionamiento-del-terreno-y-cimentaciones/probeta>
- Heredia, C. (2019). *Resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm²; incorporando cerámico en 3% y 5% en reemplazo de agregado grueso* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional – Universidad Privada del Norte.
- Hernández, L., Gómez, J., Contreras, A. y Padilla, L. (2018). *Resistencia a la Compresión del Concreto*, <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.16390.63044>
- Hernández, E. & Saravia, F. (2018). *Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del hormigón elaborado con cerámicos reciclados como sustituto del agregado grueso* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana sede Quito]. Repositorio Institucional – Universidad Politécnica Salesiana Ecuador.

- Jaime, M. & Portocarrero, L. (2018). *Influencia de la cascarilla y ceniza de cascarilla de arroz sobre la resistencia a la compresión de un concreto no estructural, Trujillo 2018* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional – Universidad Privada del Norte.
- Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W. y Tanesi, J. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de concreto*. Portland Cement Association. https://www.academia.edu/33383752/Dise%C3%B1o_Y_Control_De_Mezclas_De_Concreto_-_Steven_H._Kosmatka_Beatrice_Kerkhoff_and_William_C._Panarese_1ra_Edici%C3%B3n
- Laura, S. (2006). *Diseño de Mezclas de Concreto*[Archivo PDF]. <https://topodata.com/wp-content/uploads/2019/09/Dise%C3%B1o-de-Mezclas-de-Concreto-Ing.-Samuel-Laura-Huanca.pdf>
- Ley N° 31313 de 2021. Ley de desarrollo urbano sostenible. 23 de julio de 2021. Diario Oficial El Peruano. N° 16137.
- Lodoño, E. (12 de julio de 2022). Lo que debes saber sobre el ataque de sulfato en el concreto. *360 en concreto*. <https://360enconcreto.com/blog/detalle/ataque-de-sulfato-en-el-concreto/>
- Medina, C., Sánchez, M. I., Frías, M., y A. J. (2011). Using Ceramic Materials in Ecoefficient Concrete and Precast Concrete Products en C. Sikalidis (Ed.), *Advances in Ceramics – Electric and Magnetic Ceramics, Bioceramics, Ceramics and Environment*. Intechopen. <https://doi.org/10.5772/21302>
- Neville, A. y Brooks, J. (2010). *Concrete Technology*. Pearson Education Limited. <https://es.slideshare.net/Raullbaez/tecnologia-delconcretodeadamneville>
- NTP 339.047. (2019). “Definiciones y terminología relativas al concreto y agregados”. Lima: INDECOPI.
- NTP 339.185. (2013). “Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado”. Lima: INDECOPI.
- NTP 339.185. (2013). “Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado”. Lima: INDECOPI.
- NTP 400.011. (2008). “Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos)”. Lima: INDECOPI.

- NTP 400.012. (2013). “Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global”. Lima: INDECOPI.
- NTP 400.017. (2011). “Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (Peso unitario) y los vacíos en los agregados”. Lima: INDECOPI.
- NTP 400.021. (2013). “Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso”. Lima: INDECOPI.
- NTP 400.022. (2013). “Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino”. Lima: INDECOPI.
- NTP 400.037. (2014). “Especificaciones normalizadas para agregados en concreto”. Lima: INDECOPI.
- Pérez, L. (2016). *Evaluación de bajo carbono producidos localmente con sustitución del 50% de cemento P-35 por adiciones de polvo de cerámica roja y caliza* [Tesis de pregrado, Universidad Central Marta Abreu de las Villas]. Repositorio Institucional – Universidad Central Marta Abreu de las Villas.
- Real Academia Española. (s.f.). Costo. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 07 de febrero, 2023, de <https://www.rae.es/desen/costo>
- Real Academia Española. (s.f.). Presupuesto. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 07 de febrero, 2023, de <https://dle.rae.es/presupuesto>
- Real Academia Española. (s.f.). Residuo. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 07 de febrero, 2023, de <https://dle.rae.es/residuo>
- Real Academia Española. (s.f.). Reutilizar. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 07 de febrero, 2023, de <https://dle.rae.es/reutilizar>
- Real Academia Española. (s.f.). Vivienda. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 07 de febrero, 2023, de <https://dle.rae.es/vivienda>
- Restrepo, O. (2011). *Baldosas cerámicas y gres porcelánico: Un mundo en permanente evolución*. Centro Editorial Facultad de Minas. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/47252?show=full>

IX. ANEXOS

Anexo 1: NTP 339.035. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 339.035
2009**

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland

CONCRETE. Standard test method for measure slump of Portland cement concrete

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C 143/C143-2008 Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

**2009-12-23
3ª Edición**

R.034-2009/INDECOPI-CNB. Publicada el 2010-02-20

Precio basado en 09 páginas

I.C.S.: 91.100.10

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Concreto, cono, consistencia, plasticidad, asentamiento, trabajabilidad

Anexo 2: NTP 339.034. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.

NORMA TÉCNICA	NTP 339.034
PERUANA	2008

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

CONCRETE . Standard Test method for Compressive Strength of cylindrical concrete specimens

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C39/C39M-05e1 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

2008-01-02
3ª Edición

R.001-2008/INDECOPI-CRT. Publicada el 2008-01-25

Precio basado en 18 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Hormigón, concreto, resistencia, resistencia a la compresión, muestras cilíndricas

Anexo 3: Certificado de calibración de la prensa hidráulica del laboratorio QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

 CALIBRATEC S.A.C. LABORATORIO DE METROLOGIA		CALIBRACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS RUC: 20606479680
Área de Metrología Laboratorio de Fuerza		CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-001-2023
Página 1 de 4		
1. Expediente	0295	<p>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).</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
2. Solicitante	QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.	
3. Dirección	INT. 208 LT. 16 MZ G URB. VISTA HERMOSA - LA LIBERTAD - LA LIBERTAD - TRUJILLO.	
4. Instrumento calibrado	MAQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL (PRENSA DE CONCRETO)	
Marca	ALFA	
Modelo	B-001/LCD/2	
N° de serie	050220/21	
Identificación	No indica	
Procedencia	No indica	
Intervalo de indicación	No indica	
Resolución	1 kgf	
Clase de exactitud	No indica	
Modo de fuerza	Compresión	
5. Fecha de calibración	2023-01-03	
Fecha de Emisión: 2023-01-06		 <p>Firmado digitalmente por: ASTETE SORIANO LUCIO FJR 42817546 hard Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 06/01/2023 09:47:00-0500</p>
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-001-2023

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

Laboratorio de Materiales

8. Condiciones de calibración

	Inicial	Final
Temperatura	24,2 °C	24,1 °C
Humedad relativa	50 %	52 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PUCP	Celda de carga de 150 t con una incertidumbre de 241 kg	INF-LE N° 042-22 (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-001-2023

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
		1ra Serie	2da Serie	3ra Serie		4ta Serie Accesorios	Promedio	
		Ascenso	Ascenso	Ascenso	Descenso	Ascenso		
%	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	
10	10000	10035	10115	10125	--	--	10091	-91
20	20000	20083	20214	20053	--	--	20117	-117
30	30000	30062	30052	30022	--	--	30046	-46
40	40000	40112	40052	39982	--	--	40048	-48
50	50000	50201	49861	49991	--	--	50018	-18
60	60000	60221	60191	59991	--	--	60134	-134
70	70000	70161	70051	70141	--	--	70118	-118
80	80000	80171	80051	80131	--	--	80118	-118
90	90000	90172	90052	90172	--	--	90132	-132

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 %	%	
10	10000	-0.90	0.89	--	0,01	--	0,83
20	20000	-0.58	0.79	--	0,01	--	0,62
30	30000	-0.15	0.13	--	0,00	--	0,32
40	40000	-0.12	0.32	--	0,00	--	0,34
50	50000	-0.03	0.68	--	0,00	--	0,48
60	60000	-0.22	0.38	--	0,00	--	0,36
70	70000	-0.17	0.16	--	0,00	--	0,28
80	80000	-0.15	0.15	--	0,00	--	0,27
90	90000	-0.15	0.13	--	0,00	--	0,27

Clase de la escala de la máquina de ensayo	Valor máximo permitido (ISO 7500 - 1)				
	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad	Resolución relativa	Cero f0
	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 (f₀) 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



CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-F-001-2023

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

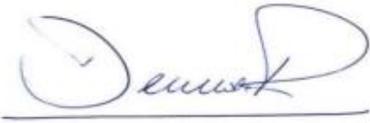
Revisión 00

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

Anexo 4: Certificado de calidad del cemento utilizado en el diseño de mezcla del concreto.

CERTIFICADO DE CALIDAD			
Tipo de Cemento:	Tipo I	Fecha:	29/11/2018
Norma:	ASTM C150 NTP 334-009	Periodo:	13-Nov/27-Nov
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS			
PRUEBAS FÍSICAS		ANÁLISIS QUÍMICO	
1.- Superficie Específica:	3850 cm ² /g	1.- Pérdida Por Ignición:	3.10%
2.- Tiempo de Fraguado:		2.- Residuo Insoluble:	0.66%
(Vicat)		3.- SiO₂	20.40%
Inicial	117'	4.- Al₂O₃	4.40%
Final	237'	5.- Fe₂O₃	2.86%
3.- Expansión En Autoclave	0.08%	6.- CaO	65.20%
4.- Contenido de Aire:	8%	7.- MgO	2.20%
5.- Resistencia a la Compresión:		8.- F-CaO	0.90%
1D	14.8 Mpa	9.- SO₃	2.79%
3D	28.3 Mpa	10.- Na₂O	0.32%
7D	34.1 Mpa	11.- K₂O	0.62%
* 28D	41.8 Mpa		
* Promedio - Mes Octubre			
6.- Densidad:	3.08 g/ml		
		C₃S (Silicato Tricálsico) 65.12% C₂S (Silicato Dicálsico) 9.36% C₃A (Aluminato Tricálsico) 6.82% C₄AF (Ferroaluminato Tetracálsico) 8.70%	
		 <hr/> Control de Calidad Qhuna	
			

Anexo 5: Contenido de humedad del agregado fino.



CONTENIDO DE HUMEDAD

NORMA DE ENSAYO NTP 339.185

1. INFORMACION GENERAL

SOLICITANTE : JOSE LUIS RUIZ CABALLERO - SERGIO FRANCESCO NUÑEZ MUÑOZ
PROYECTO : DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE APLICANDO RESIDUOS CERAMICOS PARA VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL, HUANCHACO 2023
MATERIAL : AGREGADO FINO - ARENA ZARANDEADA
PROCEDENCIA : CANTERA LOS MELLIZOS - HUANCHACO - TRUJILLO
FECHA DE ENSAYO : 16/11/2023

2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripcion	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso recipiente	gr	116.6	117.8	
Peso recipiente + muestra humeda	gr	817.2	805.4	
Peso recipiente + muestra seca	gr	812.9	801.7	
Peso de muestra humeda	gr	700.6	687.6	
Peso de muestra seca	gr	696.3	683.9	
Peso de agua	gr	4.3	3.7	
Contenido de humedad	%	0.6	0.5	0.6

OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.

La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.



 Carla Evelin Vargas Toribio
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Anexo 6: Contenido de humedad del agregado grueso.



CONTENIDO DE HUMEDAD

NORMA DE ENSAYO NTP 339.185

1. INFORMACION GENERAL

SOLICITANTE : JOSE LUIS RUIZ CABALLERO - SERGIO FRANCESCO NUÑEZ MUÑOZ
PROYECTO : DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE APLICANDO RESIDUOS CERAMICOS PARA VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL, HUANCHACO 2023
MATERIAL : AGREGADO GRUESO - PIEDRA CHANCADA 1/2"
PROCEDENCIA : CANTERA LOS MELLIZOS - HUANCHACO - TRUJILLO
FECHA DE ENSAYO : 16/11/2023

2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso recipiente	gr	310	318	
Peso recipiente + muestra humeda	gr	2,646	2,704	
Peso recipiente + muestra seca	gr	2,637	2,693	
Peso de muestra humeda	gr	2,336	2,386	
Peso de muestra seca	gr	2,327	2,375	
Peso de agua	gr	9	11	
Contenido de humedad	%	0.4	0.5	0.5

OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.

La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.

Carla Evelin Vargas Toribio
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Anexo 7: Contenido de humedad de los residuos cerámicos.



CONTENIDO DE HUMEDAD

NORMA DE ENSAYO NTP 339.185

1. INFORMACION GENERAL

SOLICITANTE : JOSE LUIS RUIZ CABALLERO - SERGIO FRANCESCO NUÑEZ MUÑOZ
PROYECTO : DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE APLICANDO RESIDUOS CERAMICOS PARA VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL, HUANCHACO 2023
MATERIAL : RESIDUO CERAMICO
PROCEDENCIA : DESECHOS DE CONSTRUCCION EN HUANCHACO - TRUJILLO
FECHA DE ENSAYO : 16/11/2023

2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripcion	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso recipiente	gr	310	318	
Peso recipiente + muestra humeda	gr	3,477	3,500	
Peso recipiente + muestra seca	gr	3,455	3,482	
Peso de muestra humeda	gr	3,167	3,182	
Peso de muestra seca	gr	3,145	3,164	
Peso de agua	gr	22	18	
Contenido de humedad	%	0.7	0.6	0.7

OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.

La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.

Carla Evelin Vargas Toribio
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Anexo 8: Material pasante malla N° 200 del agregado fino.



MATERIAL PASANTE MALLA N°200
NORMA DE ENSAYO NTP 400.018

1. INFORMACION GENERAL

SOLICITANTE : JOSE LUIS RUIZ CABALLERO - SERGIO FRANCESCO NUÑEZ MUÑOZ
PROYECTO : DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE APLICANDO RESIDUOS CERAMICOS PARA VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL, HUANCHACO 2023
MATERIAL : AGREGADO FINO - ARENA ZARANDEADA
PROCEDENCIA : CANTERA LOS MELLIZOS - HUANCHACO - TRUJILLO
FECHA DE ENSAYO : 16/11/2023

2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripcion	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso recipiente	gr	116.6	117.8	
Peso recipiente + muestra seca	gr	812.9	801.7	
Peso recipiente + muestra seca lavada	gr	779.8	767.1	
Peso de muestra seca	gr	696.3	683.9	
Peso de muestra seca lavada	gr	663.2	649.3	
Peso material pasante malla N°200	gr	33.1	34.6	
Material pasante malla N°200	%	5.0	5.3	5.2

OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.

La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.

Carla Evelin Vargas Toribio
ING. CIVIL
R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Anexo 9: Material pasante malla N° 200 del agregado grueso.



MATERIAL PASANTE MALLA N°200

NORMA DE ENSAYO NTP 400.018

1. INFORMACION GENERAL

SOLICITANTE : JOSE LUIS RUIZ CABALLERO - SERGIO FRANCESCO NUÑEZ MUÑOZ
PROYECTO : DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE APLICANDO RESIDUOS CERAMICOS PARA VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL, HUANCHACO 2023
MATERIAL : AGREGADO GRUESO - PIEDRA CHANCADA 1/2"
PROCEDENCIA : CANTERA LOS MELLIZOS - HUANCHACO - TRUJILLO
FECHA DE ENSAYO : 16/11/2023

2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripcion	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso recipiente	gr	310	318	
Peso recipiente + muestra seca	gr	2,637	2,693	
Peso recipiente + muestra seca lavada	gr	2,619	2,676	
Peso de muestra seca	gr	2,327	2,375	
Peso de muestra seca lavada	gr	2,309	2,358	
Peso material pasante malla N°200	gr	18	17	
Material pasante malla N°200	%	0.8	0.7	0.8

OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.

La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.

Carla Evelin Vargas Toribio
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Anexo 10: Material pasante malla N° 200 de los residuos cerámicos.



MATERIAL PASANTE MALLA N°200

NORMA DE ENSAYO NTP 400.018

1. INFORMACION GENERAL

SOLICITANTE : JOSÉ LUIS RUIZ CABALLERO - SERGIO FRANCESCO NUÑEZ MUÑOZ
PROYECTO : DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE APLICANDO RESIDUOS CERAMICOS PARA VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL,
 HUANCHACO 2023
MATERIAL : RESIDUO CERAMICO
PROCEDENCIA : DESECHOS DE CONSTRUCCION EN HUANCHACO - TRUJILLO
FECHA DE ENSAYO : 16/11/2023

2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripcion	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso recipiente	gr	310	318	
Peso recipiente + muestra seca	gr	3,455	3,482	
Peso recipiente + muestra seca lavada	gr	3,449	3,477	
Peso de muestra seca	gr	3,145	3,164	
Peso de muestra seca lavada	gr	3,139	3,159	
Peso material pasante malla N°200	gr	6	5	
Material pasante malla N°200	%	0.2	0.2	0.2

OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.

La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.



Carla Evelin Vargas Toribio
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Anexo 11: Peso unitario suelto y compactado del agregado fino.



PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO

NORMA DE ENSAYO NTP 400.017

1. INFORMACION GENERAL

SOLICITANTE : JOSE LUIS RUIZ CABALLERO - SERGIO FRANCESCO NUÑEZ MUÑOZ
PROYECTO : DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE APLICANDO RESIDUOS CERAMICOS PARA VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL, HUANCHACO 2023
MATERIAL : AGREGADO FINO - ARENA ZARANDEADA
PROCEDENCIA : CANTERA LOS MELLIZOS - HUANCHACO - TRUJILLO
FECHA DE ENSAYO : 16/11/2023

2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Peso recipiente + muestra suelta	kg	18.785	18.823	18.847	
Peso recipiente + muestra apisonada	kg	20.171	20.147	20.094	
Peso de recipiente	kg	5.987	5.987	5.987	
Peso de muestra en estado suelto	kg	12.798	12.836	12.860	
Peso de muestra en estado compactado	kg	14.184	14.160	14.107	
Volumen del recipiente	m ³	0.0078	0.0078	0.0078	
Peso unitario suelto	kg/m ³	1,641	1,646	1,649	1,645
Peso unitario compactado	kg/m ³	1,818	1,815	1,809	1,814

OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.
 La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.

Carla Evelin Vargas Toribio
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Anexo 12: Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso.



PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO
 NORMA DE ENSAYO NTP 400.017

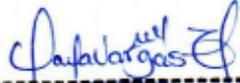
1. INFORMACION GENERAL

SOLICITANTE : JOSE LUIS RUIZ CABALLERO - SERGIO FRANCESCO NUÑEZ MUÑOZ
PROYECTO : DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE APLICANDO RESIDUOS CERAMICOS PARA VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL, HUANCHACO 2023
MATERIAL : AGREGADO GRUESO - PIEDRA CHANCADA 1/2"
PROCEDENCIA : CANTERA LOS MELLIZOS - HUANCHACO - TRUJILLO
FECHA DE ENSAYO : 16/11/2023

2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Peso recipiente + muestra suelta	kg	16.219	16.414	16.372	
Peso recipiente + muestra apisonada	kg	17.433	17.454	17.305	
Peso de recipiente	kg	5.987	5.987	5.987	
Peso de muestra en estado suelto	kg	10.232	10.427	10.385	
Peso de muestra en estado compactado	kg	11.446	11.467	11.318	
Volumen del recipiente	m3	0.0077	0.0077	0.0077	
Peso unitario suelto	kg/m3	1,324	1,349	1,343	1,339
Peso unitario compactado	kg/m3	1,481	1,483	1,464	1,476

OBSERVACIONES:
 La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.
 La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.



Carla Evelin Vargas Toribio
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.
 AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Anexo 13: Peso unitario suelto y compactado de los residuos cerámicos.



PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO
 NORMA DE ENSAYO NTP 400.017

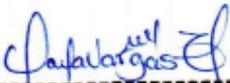
1. INFORMACION GENERAL

SOLICITANTE : JOSE LUIS RUIZ CABALLERO - SERGIO FRANCESCO NUÑEZ MUÑOZ
PROYECTO : DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE APLICANDO RESIDUOS CERAMICOS PARA VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL, HUANCHACO 2023
MATERIAL : RESIDUO CERAMICO
PROCEDENCIA : DESECHOS DE CONSTRUCCION EN HUANCHACO - TRUJILLO
FECHA DE ENSAYO : 16/11/2023

2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripcion	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Peso recipiente + muestra suelta	kg	14.720	14.776	14.745	
Peso recipiente + muestra apisonada	kg	15.817	15.834	15.847	
Peso de recipiente	kg	5.987	5.987	5.987	
Peso de muestra en estado suelto	kg	8.733	8.789	8.758	
Peso de muestra en estado compactado	kg	9.830	9.847	9.860	
Volumen del recipiente	m3	0.0078	0.0078	0.0078	
Peso unitario suelto	kg/m3	1,120	1,127	1,123	1,123
Peso unitario compactado	kg/m3	1,260	1,262	1,264	1,262

OBSERVACIONES:
 La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.
 La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.



Carla Evelin Vargas Toribio
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.
 AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Anexo 14: Peso específico y absorción del agregado fino.



PESO ESPECIFICO Y ABSORCION

NORMA DE ENSAYO NTP 400.022

1. INFORMACION GENERAL

SOLICITANTE : JOSE LUIS RUIZ CABALLERO - SERGIO FRANCESCO NUÑEZ MUÑOZ
PROYECTO : DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE APLICANDO RESIDUOS CERAMICOS PARA VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL, HUANCHACO 2023
MATERIAL : AGREGADO FINO - ARENA ZARANDEADA
PROCEDENCIA : CANTERA LOS MELLIZOS - HUANCHACO - TRUJILLO
FECHA DE ENSAYO : 16/11/2023

2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripcion	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso de la muestra secada en horno al aire	gr	499.4	503.3	
Peso del pignometro lleno de agua	gr	1,450.7	1,450.7	
Peso del pignometro lleno de muestra y agua	gr	1,766.7	1,769.9	
Peso de la muestra en estado SSS	gr	503.8	507.2	
Peso especifico base seca	gr/cm ³	2.66	2.68	2.67
Peso especifico base SSS	gr/cm ³	2.68	2.70	2.69
Absorcion	%	0.9	0.8	0.9

OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.

La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.



 Carla Evelin Vargas Toribio
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Anexo 15: Peso específico y absorción del agregado grueso.



PESO ESPECIFICO Y ABSORCION

NORMA DE ENSAYO NTP 400.021

1. INFORMACION GENERAL

SOLICITANTE : JOSE LUIS RUIZ CABALLERO - SERGIO FRANCESCO NUÑEZ MUÑOZ
PROYECTO : DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE APLICANDO RESIDUOS CERAMICOS PARA VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL, HUANCHACO 2023
MATERIAL : AGREGADO GRUESO - PIEDRA CHANCADA 1/2"
PROCEDENCIA : CANTERA LOS MELLIZOS - HUANCHACO - TRUJILLO
FECHA DE ENSAYO : 16/11/2023

2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripcion	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso de la muestra secada en horno al aire	gr	2,538	2,450	
Peso de la muestra en estado SSS al aire	gr	2,584	2,489	
Peso de la muestra saturada en agua	gr	1,601	1,543	
Peso especifico base seca	gr/cm3	2.58	2.59	2.59
Peso especifico base SSS	gr/cm3	2.63	2.63	2.63
Absorcion	%	1.8	1.6	1.7

OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.

La identificacion y procedencia del material es informacion proporcionada por el Solicitante.

 Carla Evelin Vargas Toribio
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Anexo 16: Peso específico y absorción de los residuos cerámicos.



PESO ESPECIFICO Y ABSORCION

NORMA DE ENSAYO NTP 400.021

1. INFORMACION GENERAL

SOLICITANTE : JOSE LUIS RUIZ CABALLERO - SERGIO FRANCESCO NUÑEZ MUÑOZ
PROYECTO : DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE APLICANDO RESIDUOS CERAMICOS PARA VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL, HUANCHACO 2023
MATERIAL : RESIDUO CERAMICO
PROCEDENCIA : DESECHOS DE CONSTRUCCION EN HUANCHACO - TRUJILLO
FECHA DE ENSAYO : 16/11/2023

2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso de la muestra secada en horno al aire	gr	3,003	3,010	
Peso de la muestra en estado SSS al aire	gr	3,078	3,092	
Peso de la muestra saturada en agua	gr	1,787	1,794	
Peso específico base seca	gr/cm ³	2.33	2.32	2.33
Peso específico base SSS	gr/cm ³	2.38	2.38	2.38
Absorción	%	2.5	2.7	2.6

OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.

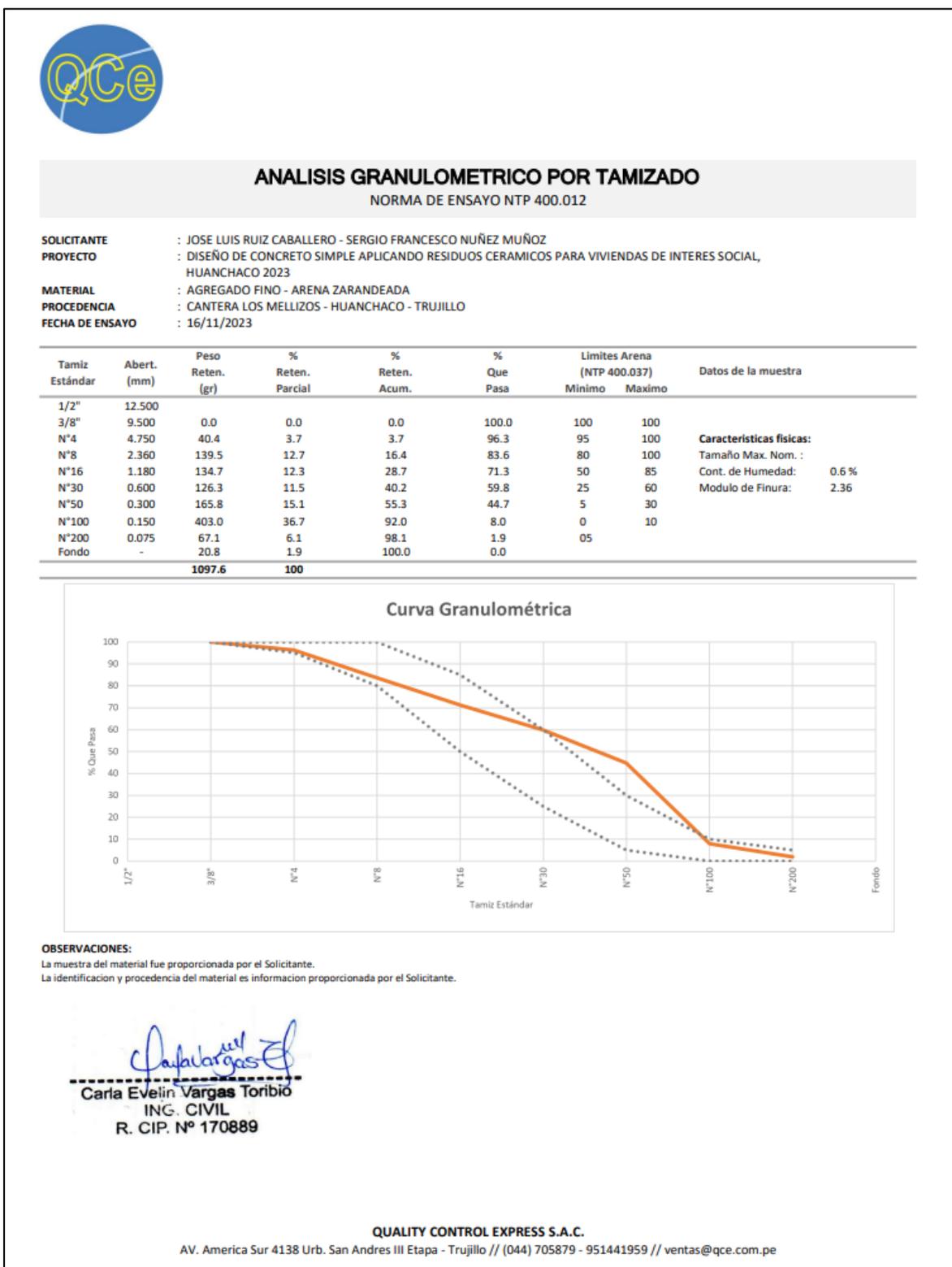
La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.

Carla Evelin Vargas Toribio
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 170889

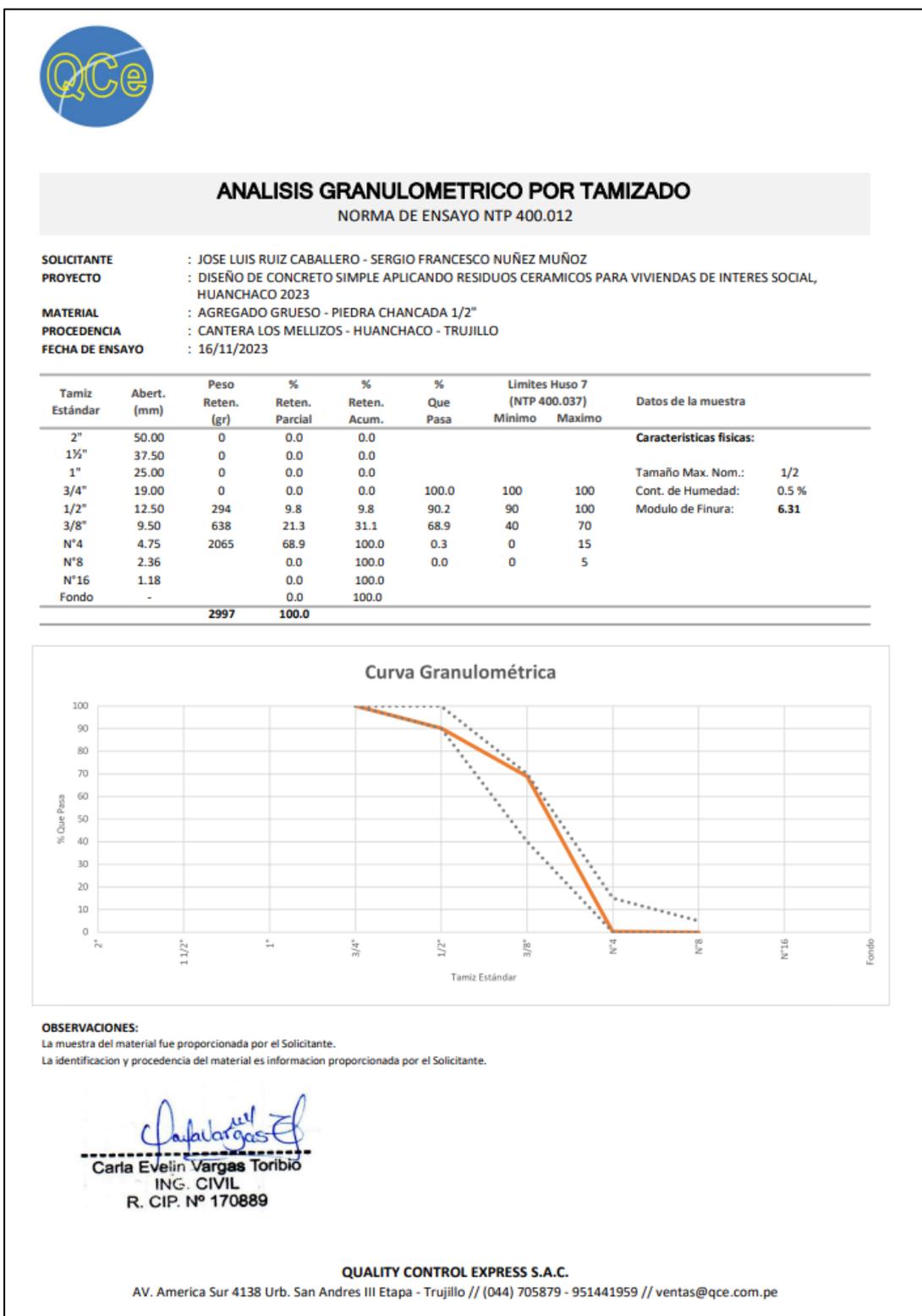
QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Anexo 17: Análisis granulométrico del agregado fino.



Anexo 18: Análisis granulométrico del agregado grueso.



Anexo 19: Análisis granulométrico de los residuos cerámicos.

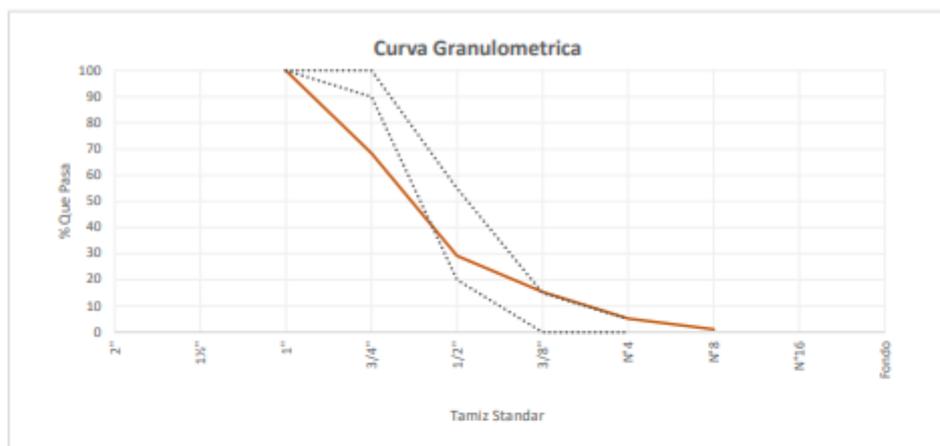


ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

NORMA DE ENSAYO NTP 400.012

SOLICITANTE : JOSE LUIS RUIZ CABALLERO - SERGIO FRANCESCO NUÑEZ MUÑOZ
PROYECTO : DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE APLICANDO RESIDUOS CERAMICOS PARA VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL, HUANCHACO 2023
MATERIAL : RESIDUO CERAMICO
PROCEDENCIA : DESECHOS DE CONSTRUCCION EN HUANCHACO - TRUJILLO
FECHA DE ENSAYO : 16/11/2023

Tamiz Estándar	Abert. (mm)	Peso Reten. (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acum.	% Que Pasa	Límites Huso 6 (NTP 400.037)		Datos de la muestra
						Mínimo	Máximo	
2"	50.00	0	0.0	0.0				Características físicas: Tamaño Max. Nom.: 3/4 Cont. de Humedad: 0.7 % Modulo de Finura: 7.10
1 1/2"	37.50	0	0.0	0.0				
1"	25.00	0	0.0	0.0	100.0	100	100	
3/4"	19.00	944	31.6	31.6	68.4	90	100	
1/2"	12.50	1172	39.2	70.8	29.2	20	55	
3/8"	9.50	414	13.8	84.6	15.4	0	15	
Nº4	4.75	305	10.2	94.8	5.2	0	5	
Nº8	2.36	124	4.1	98.9	1.1			
Nº16	1.18	31	1.0	99.9				
Fondo	-	2	0.1	100.0				
		2992	100.0					



OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.

La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.



Carla Evelin Vargas Toribio
 ING. CIVIL
 R. CIP. Nº 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Anexo 20: Ensayo de resistencia a la compresión de los 3 testigos cilíndricos de concreto patrón a edad de 7 días.



INFORME DE ENSAYO N° 0806-2023-QCE/TRJ
 Fecha de Emisión: 26/11/2023

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE : JOSE LUIS RUIZ CABALLERO - SERGIO FRANCESCO NUÑEZ MUÑOZ

PROYECTO : DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE APLICANDO RESIDUOS CERAMICOS PARA VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL
HUANCHACO 2023

UBICACIÓN : HUANCHACO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

ID MUESTRA : CONCRETO PATRON F'C = 210 KG/CM2

2. TIPO DE ENSAYO:

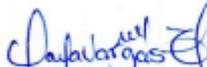
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	f'c (kg/cm2)	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diametro (cm)	Area (cm2)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm2)	Tipo de Falla
DP210-01	210	19/11/2023	26/11/2023	7	10.1	80.12	18291	228	2
DP210-02	210	19/11/2023	26/11/2023	7	10.1	80.12	20092	251	1
DP210-03	210	19/11/2023	26/11/2023	7	10.1	80.12	19514	244	2
Promedio								241	

NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CA-F-001-2023, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39



Carla Evelyn Vargas Toribio
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.
 AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Anexo 21: Ensayo de resistencia a la compresión de los 3 testigos cilíndricos de concreto patrón a edad de 14 días.



INFORME DE ENSAYO N° 0857-2023-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 03/12/2023

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE : JOSE LUIS RUIZ CABALLERO - SERGIO FRANCESCO NUÑEZ MUÑOZ
 PROYECTO : DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE APLICANDO RESIDUOS CERAMICOS PARA VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL
 HUANCHACO 2023
 UBICACIÓN : HUANCHACO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
 ID MUESTRA : CONCRETO PATRON F'c = 210 KG/CM2

2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

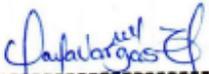
3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	f'c (kg/cm ²)	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm ²)	Tipo de Falla
DP210-04	210	19/11/2023	03/12/2023	14	10.1	80.12	24252	303	1
DP210-05	210	19/11/2023	03/12/2023	14	10.1	80.12	23799	297	2
DP210-06	210	19/11/2023	03/12/2023	14	10.1	80.12	24522	306	1

Promedio **302**

NOTAS

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CA-F-001-2023, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
- Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39



 Carla Evelin Vargas Toribio
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Anexo 22: Ensayo de resistencia a la compresión de los 3 testigos cilíndricos de concreto patrón a edad de 21 días.



INFORME DE ENSAYO N° 0877-2023-QCE/TRJ
 Fecha de Emisión: 10/12/2023

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE : JOSE LUIS RUIZ CABALLERO - SERGIO FRANCESCO NUÑEZ MUÑOZ

PROYECTO : DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE APLICANDO RESIDUOS CERAMICOS PARA VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL
HUANCHACO 2023

UBICACIÓN : HUANCHACO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

ID MUESTRA : CONCRETO PATRON F'C = 210 KG/CM2

2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	f'c (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diametro (cm)	Area (cm2)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm2)	Tipo de Falla
DP210-07	210	19/11/2023	10/12/2023	21	10.1	80.12	25655	320	2
DP210-08	210	19/11/2023	10/12/2023	21	10.1	80.12	26082	326	1
DP210-09	210	19/11/2023	10/12/2023	21	10.1	80.12	26256	328	1
Promedio								325	

NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCDI/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CA-F-001-2023, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39



Carla Evelin Vargas Toribio
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.
 AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Anexo 23: Ensayo de resistencia a la compresión de los 3 testigos cilíndricos de concreto patrón a edad de 28 días.



INFORME DE ENSAYO N° 0905-2023-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 17/12/2023

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE : JOSE LUIS RUIZ CABALLERO - SERGIO FRANCESCO NUÑEZ MUÑOZ
 PROYECTO : DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE APLICANDO RESIDUOS CERAMICOS PARA VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL
 HUANCHACO 2023
 UBICACIÓN : HUANCHACO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
 ID MUESTRA : CONCRETO PATRON F'C = 210 KG/CM2

2. TIPO DE ENSAYO:

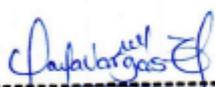
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	f'c (kg/cm ²)	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm ²)	Tipo de Falla
DP210-10	210	19/11/2023	17/12/2023	28	10.1	80.12	28733	359	2
DP210-11	210	19/11/2023	17/12/2023	28	10.1	80.12	29964	374	1
DP210-12	210	19/11/2023	17/12/2023	28	10.1	80.12	27468	343	2
Promedio								359	

NOTAS

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CA-F-001-2023, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
- Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39



 Carla Evelin Vargas Toribio
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Anexo 24: Ensayo de resistencia a la compresión de los 3 testigos cilíndricos de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 25\%$ de residuos cerámicos a edad de 7 días.



INFORME DE ENSAYO N° 0807-2023-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 26/11/2023

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE : JOSE LUIS RUIZ CABALLERO - SERGIO FRANCESCO NUÑEZ MUÑOZ
 PROYECTO : DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE APLICANDO RESIDUOS CERAMICOS PARA VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL
 HUANCHACO 2023
 UBICACIÓN : HUANCHACO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
 ID MUESTRA : CONCRETO $f'c = 210 \text{ KG/CM}^2 + 25\% \text{ RESIDUO CERAMICO}$

2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

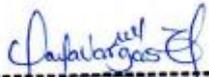
3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	$f'c$ (kg/cm ²)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm ²)	Tipo de Falla
C210RC25-01	210	19/11/2023	26/11/2023	7	10.1	80.12	17718	221	2
C210RC25-02	210	19/11/2023	26/11/2023	7	10.1	80.12	18298	228	1
C210RC25-03	210	19/11/2023	26/11/2023	7	10.1	80.12	17955	224	1

Promedio **224**

NOTAS

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada ($f'c$), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad.
Con certificado de calibración N° CA-F-001-2023, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
- Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39



 Carla Evelin Vargas Toribio
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Anexo 25: Ensayo de resistencia a la compresión de los 3 testigos cilíndricos de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 25\%$ de residuos cerámicos a edad de 14 días.



INFORME DE ENSAYO N° 0858-2023-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 03/12/2023

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE : JOSE LUIS RUIZ CABALLERO - SERGIO FRANCESCO NUÑEZ MUÑOZ
 PROYECTO : DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE APLICANDO RESIDUOS CERAMICOS PARA VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL
 HUANCHACO 2023
 UBICACIÓN : HUANCHACO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
 ID MUESTRA : CONCRETO $f'c = 210 \text{ KG/CM}^2 + 25\% \text{ RESIDUO CERAMICO}$

2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

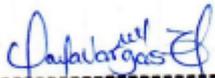
3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	$f'c$ (kg/cm ²)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm ²)	Tipo de Falla
C210RC25-04	210	19/11/2023	03/12/2023	14	10.1	80.12	22682	283	2
C210RC25-05	210	19/11/2023	03/12/2023	14	10.1	80.12	22920	286	2
C210RC25-06	210	19/11/2023	03/12/2023	14	10.1	80.12	23088	288	1

Promedio **286**

NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada ($f'c$), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CA-F-001-2023, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39



 Carla Evelin Vargas Torbio
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Anexo 26: Ensayo de resistencia a la compresión de los 3 testigos cilíndricos de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 25% de residuos cerámicos a edad de 21 días.



INFORME DE ENSAYO N° 0878-2023-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 10/12/2023

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE : JOSE LUIS RUIZ CABALLERO - SERGIO FRANCESCO NUÑEZ MUÑOZ
 PROYECTO : DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE APLICANDO RESIDUOS CERAMICOS PARA VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL
 HUANCHACO 2023
 UBICACIÓN : HUANCHACO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
 ID MUESTRA : CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 + 25% RESIDUO CERAMICO

2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	f'c (kg/cm ²)	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm ²)	Tipo de Falla
C210RC25-07	210	19/11/2023	10/12/2023	21	10.1	80.12	23835	297	2
C210RC25-08	210	19/11/2023	10/12/2023	21	10.1	80.12	24172	302	1
C210RC25-09	210	19/11/2023	10/12/2023	21	10.1	80.12	24261	303	1

Promedio

301

NOTAS

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CA-F-001-2023, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
- Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39



 Carla Evelin Vargas Toribio
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Anexo 27: Ensayo de resistencia a la compresión de los 3 testigos cilíndricos de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 25\%$ de residuos cerámicos a edad de 28 días.



INFORME DE ENSAYO N° 0906-2023-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 17/12/2023

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE : JOSE LUIS RUIZ CABALLERO - SERGIO FRANCESCO NUÑEZ MUÑOZ
 PROYECTO : DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE APLICANDO RESIDUOS CERAMICOS PARA VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL
 HUANCHACO 2023
 UBICACIÓN : HUANCHACO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
 ID MUESTRA : CONCRETO $f'c = 210 \text{ KG/CM}^2 + 25\% \text{ RESIDUO CERAMICO}$

2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

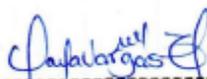
3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	$f'c$ (kg/cm ²)	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm ²)	Tipo de Falla
C210RC25-10	210	19/11/2023	17/12/2023	28	10.1	80.12	25469	318	2
C210RC25-11	210	19/11/2023	17/12/2023	28	10.1	80.12	25423	317	2
C210RC25-12	210	19/11/2023	17/12/2023	28	10.1	80.12	26499	331	1

Promedio **322**

NOTAS

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada ($f'c$), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CA-F-001-2023, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
- Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39



 Carla Evelin Vargas Toribio
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Anexo 28: Ensayo de resistencia a la compresión de los 3 testigos cilíndricos de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 50% de residuos cerámicos a edad de 7 días.



INFORME DE ENSAYO N° 0808-2023-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 26/11/2023

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE : JOSE LUIS RUIZ CABALLERO - SERGIO FRANCESCO NUÑEZ MUÑOZ

PROYECTO : DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE APLICANDO RESIDUOS CERAMICOS PARA VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL
HUANCHACO 2023

UBICACIÓN : HUANCHACO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

ID MUESTRA : CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 + 50% RESIDUO CERAMICO

2. TIPO DE ENSAYO:

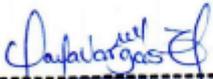
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	f'c (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diametro (cm)	Area (cm2)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm2)	Tipo de Falla
C210RCS0-01	210	19/11/2023	26/11/2023	7	10.1	80.12	15769	197	1
C210RCS0-02	210	19/11/2023	26/11/2023	7	10.1	80.12	14879	186	2
C210RCS0-03	210	19/11/2023	26/11/2023	7	10.1	80.12	16740	209	1
Promedio								197	

NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad.
Con certificado de calibración N° CA-F-001-2023, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39



Carla Evelyn Vargas Toribio
ING. CIVIL
R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Anexo 29: Ensayo de resistencia a la compresión de los 3 testigos cilíndricos de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 50% de residuos cerámicos a edad de 14 días.



INFORME DE ENSAYO N° 0859-2023-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 03/12/2023

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE : JOSE LUIS RUIZ CABALLERO - SERGIO FRANCESCO NUÑEZ MUÑOZ
 PROYECTO : DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE APLICANDO RESIDUOS CERAMICOS PARA VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL
 HUANCHACO 2023
 UBICACIÓN : HUANCHACO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
 ID MUESTRA : CONCRETO $f'c = 210 \text{ KG/CM}^2$ + 50% RESIDUO CERAMICO

2. TIPO DE ENSAYO:

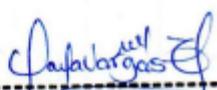
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	$f'c$ (kg/cm ²)	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm ²)	Tipo de Falla
C210RC50-04	210	19/11/2023	03/12/2023	14	10.1	80.12	20850	260	2
C210RC50-05	210	19/11/2023	03/12/2023	14	10.1	80.12	21113	264	2
C210RC50-06	210	19/11/2023	03/12/2023	14	10.1	80.12	21395	267	1
Promedio								264	

NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada ($f'c$), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CA-F-001-2023, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39



 Carla Evelin Vargas Toribio
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Anexo 30: Ensayo de resistencia a la compresión de los 3 testigos cilíndricos de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 50% de residuos cerámicos a edad de 21 días.



INFORME DE ENSAYO N° 0879-2023-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 10/12/2023

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE : JOSE LUIS RUIZ CABALLERO - SERGIO FRANCESCO NUÑEZ MUÑOZ
 PROYECTO : DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE APLICANDO RESIDUOS CERAMICOS PARA VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL
 HUANCHACO 2023
 UBICACIÓN : HUANCHACO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
 ID MUESTRA : CONCRETO $f'c = 210 \text{ KG/CM}^2$ + 50% RESIDUO CERAMICO

2. TIPO DE ENSAYO:

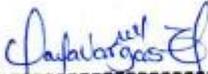
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	$f'c$ (kg/cm ²)	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Carga Máxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm ²)	Tipo de Falla
C210RC50-07	210	19/11/2023	10/12/2023	21	10.1	80.12	22754	284	2
C210RC50-08	210	19/11/2023	10/12/2023	21	10.1	80.12	23606	295	1
C210RC50-09	210	19/11/2023	10/12/2023	21	10.1	80.12	23240	290	2
Promedio								290	

NOTAS

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada ($f'c$), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CA-F-001-2023, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
- Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39



 Carla Evelin Vargas Toribio
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Anexo 31: Ensayo de resistencia a la compresión de los 3 testigos cilíndricos de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 50\%$ de residuos cerámicos a edad de 28 días.



INFORME DE ENSAYO N° 0907-2023-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 17/12/2023

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE : JOSE LUIS RUIZ CABALLERO - SERGIO FRANCESCO NUÑEZ MUÑOZ
 PROYECTO : DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE APLICANDO RESIDUOS CERAMICOS PARA VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL
 HUANCHACO 2023
 UBICACIÓN : HUANCHACO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
 ID MUESTRA : CONCRETO $f'c = 210 \text{ KG/CM}^2 + 50\%$ RESIDUO CERAMICO

2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	$f'c$ (kg/cm ²)	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm ²)	Tipo de Falla
C210RC50-10	210	19/11/2023	17/12/2023	28	10.1	80.12	24348	304	1
C210RC50-11	210	19/11/2023	17/12/2023	28	10.1	80.12	23945	299	2
C210RC50-12	210	19/11/2023	17/12/2023	28	10.1	80.12	24907	311	1
Promedio								305	

NOTAS

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada ($f'c$), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CA-F-001-2023, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
- Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39



 Carla Evelin Vargas Toribio
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Anexo 32: Ensayo de resistencia a la compresión de los 3 testigos cilíndricos de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 75% de residuos cerámicos a edad de 7 días.



INFORME DE ENSAYO N° 0809-2023-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 26/11/2023

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE : JOSE LUIS RUIZ CABALLERO - SERGIO FRANCESCO NUÑEZ MUÑOZ
 PROYECTO : DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE APLICANDO RESIDUOS CERAMICOS PARA VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL
 HUANCHACO 2023
 UBICACIÓN : HUANCHACO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
 ID MUESTRA : CONCRETO $f'c = 210 \text{ KG/CM}^2$ + 75% RESIDUO CERAMICO

2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

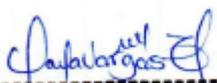
3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	$f'c$ (kg/cm ²)	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm ²)	Tipo de Falla
C210RC75-01	210	19/11/2023	26/11/2023	7	10.1	80.12	13255	165	2
C210RC75-02	210	19/11/2023	26/11/2023	7	10.1	80.12	13503	169	1
C210RC75-03	210	19/11/2023	26/11/2023	7	10.1	80.12	13602	170	1

Promedio **168**

NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada ($f'c$), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CA-F-001-2023, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39



 Carla Evelin Vargas Toribio
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Anexo 33: Ensayo de resistencia a la compresión de los 3 testigos cilíndricos de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 75% de residuos cerámicos a edad de 14 días.



INFORME DE ENSAYO N° 0860-2023-QCE/TRJ
 Fecha de Emisión: 03/12/2023

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE : JOSE LUIS RUIZ CABALLERO - SERGIO FRANCESCO NUÑEZ MUÑOZ
PROYECTO : DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE APLICANDO RESIDUOS CERAMICOS PARA VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL HUANCHACO 2023
UBICACIÓN : HUANCHACO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
ID MUESTRA : CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 + 75% RESIDUO CERAMICO

2. TIPO DE ENSAYO:

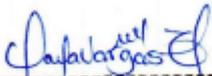
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	f'c (kg/cm ²)	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm ²)	Tipo de Falla
C210RC75-04	210	19/11/2023	03/12/2023	14	10.1	80.12	19499	243	1
C210RC75-05	210	19/11/2023	03/12/2023	14	10.1	80.12	18469	231	2
C210RC75-06	210	19/11/2023	03/12/2023	14	10.1	80.12	19135	239	1
Promedio								238	

NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CA-F-001-2023, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39



Carla Evelin Vargas Toribio
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.
 AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Anexo 34: Ensayo de resistencia a la compresión de los 3 testigos cilíndricos de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 75% de residuos cerámicos a edad de 21 días.



INFORME DE ENSAYO N° 0880-2023-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 10/12/2023

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE : JOSE LUIS RUIZ CABALLERO - SERGIO FRANCESCO NUÑEZ MUÑOZ
 PROYECTO : DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE APLICANDO RESIDUOS CERAMICOS PARA VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL
 HUANCHACO 2023
 UBICACIÓN : HUANCHACO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
 ID MUESTRA : CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 + 75% RESIDUO CERAMICO

2. TIPO DE ENSAYO:

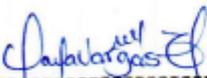
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	f'c (kg/cm2)	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diametro (cm)	Area (cm2)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm2)	Tipo de Falla
C210RC75-07	210	19/11/2023	10/12/2023	21	10.1	80.12	21635	270	1
C210RC75-08	210	19/11/2023	10/12/2023	21	10.1	80.12	21216	265	1
C210RC75-09	210	19/11/2023	10/12/2023	21	10.1	80.12	20024	250	2
Promedio								262	

NOTAS

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CA-F-001-2023, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
- Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39



 Caria Evelin Vargas Toribio
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Anexo 35: Ensayo de resistencia a la compresión de los 3 testigos cilíndricos de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 75% de residuos cerámicos a edad de 28 días.



INFORME DE ENSAYO N° 0908-2023-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 17/12/2023

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE : JOSE LUIS RUIZ CABALLERO - SERGIO FRANCESCO NUÑEZ MUÑOZ
 PROYECTO : DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE APLICANDO RESIDUOS CERAMICOS PARA VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL
 HUANCHACO 2023
 UBICACIÓN : HUANCHACO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
 ID MUESTRA : CONCRETO $f'c = 210 \text{ KG/CM}^2$ + 75% RESIDUO CERAMICO

2. TIPO DE ENSAYO:

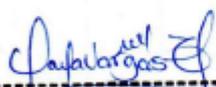
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	$f'c$ (kg/cm ²)	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm ²)	Tipo de Falla
C210RC75-10	210	19/11/2023	17/12/2023	28	10.1	80.12	23621	295	1
C210RC75-11	210	19/11/2023	17/12/2023	28	10.1	80.12	22932	286	2
C210RC75-12	210	19/11/2023	17/12/2023	28	10.1	80.12	22284	278	2
Promedio								286	

NOTAS

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada ($f'c$), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CA-F-001-2023, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
- Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39



 Carla Evelin Vargas Toribio
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Anexo 36: Panel fotográfico

Figura 10

Residuos cerámicos chancados para la mezcla



Nota: Residuos cerámicos luego de chancarlos para la posterior mezcla de concreto.

Figura 11

Peso de agregado grueso para la mezcla



Nota: Peso del agregado grueso de acuerdo al diseño de mezcla.

Figura 12

Peso de materiales para la mezcla de concreto



Nota: Peso de cemento y residuos cerámicos para la mezcla de concreto.

Figura 13

Materiales en mezcladora de cemento



Nota: Materiales mezclados y colocados en la mezcladora de concreto.

Figura 14

Ensayo de asentamiento (slump)



Nota: Ensayo de asentamiento del concreto, el cual se realiza en estado líquido.

Figura 15

Elaboración de testigos cilíndricos



Nota: Elaboración de los testigos cilíndricos de concreto (probetas) para el posterior ensayo de resistencia a la compresión.

Figura 16

Probetas con diferentes tipos de mezcla



Nota: Los 48 testigos cilíndricos elaborados con los 4 tipos de mezcla para su posterior ensayo a la resistencia a la compresión.

Figura 17

Ensayo de resistencia a la compresión



Nota: Ensayo de rotura para la resistencia a la compresión de los testigos cilíndricos de concreto.