

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**RESIDUOS DE CERÁMICA COMO SUSTITUCIÓN  
PORCENTUAL DEL AGREGADO PARA MEJORAR LAS  
PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO**

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

**PRESENTADA POR:**

**Bach. ESPINOZA ROJAS, ANGEL BERNARDO**

**Bach. PIPA HUAMÁN, JORGE LEONARDO**

**ASESORA:**

**Mg. Ing. CHAVARRÍA REYES LILIANA JANET**

**LIMA-PERÚ**

**2021**

## **DEDICATORIA**

A mis padres por haberme brindado la oportunidad de estudiar una carrera universitaria, a mi esposa por su apoyo incondicional y a mis hermanas que han sido un soporte constante para no rendirme.

Jorge Leonardo Pipa Huamán

El presente trabajo está dedicado a mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

Angel Bernardo Espinoza Rojas

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, a Dios por ser nuestro guía constante, también a nuestra alma mater la Universidad Ricardo Palma por todos los conocimientos y valores proporcionados a lo largo de la carrera.

Jorge Pipa y Angel Espinoza

## ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>ii</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>iii</b>
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>1</b>
1.1 Descripción de la realidad problemática .....	1
1.2 Formulación de la investigación.....	2
1.2.1 Problema general .....	2
1.2.2 Problemas específicos.....	2
1.3 Objetivos de la investigación .....	3
1.3.1 Objetivo general .....	3
1.3.2 Objetivos específicos .....	3
1.4 Delimitación de la investigación .....	3
1.4.1 Geográfica .....	3
1.4.2 Temporal.....	3
1.4.3 Temática .....	3
1.4.4 Muestral .....	4
1.5 Justificación del estudio .....	4
1.5.1 Conveniencia .....	4
1.5.2 Relevancia social .....	4
1.5.3 Aplicaciones prácticas .....	4
1.5.4 Utilidad metodológica .....	4
1.5.5 Valor teórico .....	5
1.6 Importancia del estudio .....	5
1.6.1 Nuevos conocimientos.....	5
1.6.2 Aporte .....	5
1.7 Limitaciones del estudio.....	5
1.7.1 Falta de estudios previos de investigación .....	5
1.7.2 Metodológicos o prácticos.....	6
1.7.3 Medidas para la recolección de datos .....	6
1.7.4 Obstáculos en la investigación .....	6
1.8 Alcance.....	6
1.9 Viabilidad .....	6

<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>7</b>
2.1 Marco histórico.....	7
2.2 Investigaciones relacionadas con el tema.....	7
2.2.1 Investigaciones internacionales .....	7
2.2.2 Investigaciones nacionales .....	10
2.2.3 Artículos relacionados con el tema.....	14
2.3 Estructura teórica y científica.....	55
2.3.1 El concreto.....	55
2.3.2 Cemento portland .....	55
2.3.3 Agregados.....	56
2.3.4 Agua .....	57
2.4 Definición de términos básicos .....	57
2.4.1 Cerámica.....	57
2.4.2 Residuos .....	57
2.4.3 Resistencia a la compresión.....	57
<b>CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS .....</b>	<b>58</b>
3.1 Hipótesis.....	58
3.1.1 Hipótesis general .....	58
3.1.2 Hipótesis específicas.....	58
3.1.3 Fundamentos teóricos que sustentan a la hipótesis .....	58
3.2 Variables.....	59
3.2.1 Variable independiente .....	59
3.2.2 Variable dependiente .....	59
3.3 Sistema de variables .....	59
3.3.1 Definición conceptual.....	59
3.3.2 Operacionalización de las variables .....	59
3.3.3 Operacionalización de variables.....	60
<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>61</b>
4.1 Método la investigación .....	61
4.2 Tipo de investigación .....	61
4.3 Nivel de la investigación .....	62
4.4 Diseño de la investigación.....	62
4.5 Población y muestra .....	62
4.5.1 Población .....	62

4.5.2	Muestra .....	62
4.6	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	63
4.6.1	Instrumento de recolección de datos .....	63
4.6.2	Métodos y técnicas .....	64
4.7	Descripción de procedimientos de análisis .....	64
<b>CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>		<b>65</b>
5.1	Parámetros .....	65
5.2	Análisis, resultados e interpretación de resultados.....	65
5.2.1	Objetivo 1: Determinar el porcentaje de residuos para incrementar la resistencia .....	65
5.2.2	Objetivo 2: Determinar el óptimo porcentaje de residuos para incrementar la resistencia a tracción.....	81
5.2.3	Objetivo 3: Determinar óptimo el porcentaje óptimo para mejorar el módulo de elasticidad .....	90
5.2.4	Objetivo 4: Determinar el porcentaje óptimo de residuos para mejorar la permeabilidad .....	102
5.3	Contrastación de Resultados. ....	112
5.3.1	Contrastación de hipótesis 1,2,3 y 4, determinar el porcentaje óptimo... ..	112
<b>DISCUSIÓN .....</b>		<b>119</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>121</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>122</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		<b>123</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>133</b>
	Anexo 1: Matriz de Consistencia.....	133

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de las Variables.....	60
Tabla 2: Relación a/c por resistencia ACI 211. ....	65
Tabla 3: Resistencia a la compresión en diferentes diseños de mezcla para ensayos de RC-FMA, FCA y CMA. ....	66
Tabla 4: Resistencia a la compresión de los diferentes diseños de mezcla. ....	69
Tabla 5: Resistencia a la compresión en diferentes diseños de mezcla para los ensayos A, B y C .....	72
Tabla 6: Resistencia a la compresión en diferentes diseños de mezcla CC, RC1, RC2, RC3 y RC4 .....	76
Tabla 7: Resistencia a la compresión en diferentes diseños de mezcla para los ensayos A, B,C,D,E,F,G.....	77
Tabla 8: Comparativa del concreto patrón vs los diferentes porcentajes de residuos de cerámica en el agregado grueso.....	79
Tabla 9: Resistencia a la tracción en diferentes diseños de mezcla para ensayos RC10,20,10,20,30,15 y 30 FMA .....	81
Tabla 10: Resistencia a la tracción en diferentes diseños de mezcla A0,20,60,80 y 100 .....	82
Tabla 11: Resistencia a la tracción en diferentes diseños de mezcla para A, B, C, D,E,F y G .....	83
Tabla 12: Resistencia a la tracción en diferentes diseños de mezcla para B, 0,20,40,60,80 y 100 .....	84
Tabla 13: Resistencia a la tracción en diferentes diseños de mezcla para diseño CC, RC1, RC2, RC3 y RC4.....	85
Tabla 14: Resistencia a la tracción en diferentes diseños de mezcla C0,20,40,60,80 y 100 .....	86
Tabla 15: Comparativa del concreto patrón vs los diferentes porcentajes de residuos de cerámica en el agregado grueso. ....	88
Tabla 16: Módulo de elasticidad en diferentes diseños de mezcla para ensayos RC FMA, FCA, CMA, 10,20 y 30. ....	90
Tabla 17: Módulo de elasticidad en diferentes diseños de mezcla para A0,20,40,60,80 y 100 .....	91

Tabla 18: Módulo de elasticidad en diferentes diseños de mezcla para relación a/c =0.37. ....	93
Tabla 19: Módulo de elasticidad en diferentes diseños de mezcla para ensayos B0,20,40,60 ,80 y 100 .....	94
Tabla 20: Módulo de elasticidad en diferentes diseños de mezcla para diseño CC, RC 1,2,3 y 4.....	95
Tabla 21: Módulo de elasticidad en diferentes diseños de mezcla para el diseño C0, C20, C40, C60, C80 y C100.....	97
Tabla 22: Comparativa del concreto en el módulo de elasticidad con respecto al patrón vs Diferentes porcentajes de residuos de cerámica en el agregado grueso.....	99
Tabla 23: Permeabilidad en diferentes diseños de mezcla para ensayo RCFMA, FCA y CMA .....	102
Tabla 24: Permeabilidad en diferentes diseños de mezcla . ....	104
Tabla 25: Permeabilidad en diferentes diseños de mezcla RF, SF y MK.....	105
Tabla 26: Permeabilidad en diferentes diseños de mezcla CC, RC1, RC2 Y RC3 .....	107
Tabla 27: Permeabilidad en diferentes diseños de mezcla. CC, RC1,RC2, RC3 Y RC4 .....	109
Tabla 28: Comparativa de concreto patrón y diferentes porcentajes de residuos de cerámica. ....	110



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: PBI país y PBI de la construcción: 2014 – 2018.....	1
Figura 2: Diagrama de flujo de tesis.....	58
Figura 3: Resistencia a la compresión para ensayos de RC-10,20,30 FMA.....	67
Figura 4: Resistencia a la compresión en para ensayos de RC-10,20,30 FCA.....	67
Figura 5: Resistencia a la compresión en para ensayos de RC-15 y 30 CCA .....	68
Figura 6: Resultados a la resistencia a la compresión de los diferentes diseños de mezcla RF, SF10, SF20 y SF30. ....	69
Figura 7: Resultados a la resistencia a la compresión de los diferentes diseños de mezcla RF, MK10, MK20 y MK30. ....	70
Figura 8: Resultados a la resistencia a la compresión de los diferentes diseños de mezcla RF, S10MK10, SF20F1, MK20F1 y SF10MK10F1. ....	70
Figura 9: Resistencia a la compresión en diferentes diseños de mezcla de 7 y 28 días .....	71
Figura 10: Resistencia a la compresión para los ensayos A0, A20, A40, A60, A80 y A100.....	73
Figura 11: Resistencia a la compresión para los ensayos B0, B20, B40, B60, B80 y B100.....	73
Figura 12: Resistencia a la compresión para los ensayos C0, C20, C40, C60, C80 y C100.....	74
Figura 13: Resistencia a la compresión del concreto con agregados de residuos de porcelana.....	74
Figura 14: Resistencia a la compresión de 28 días en diferentes diseños de mezcla CC, RC1, RC2, RC3 Y RC4.....	76
Figura 15: Resistencia a la compresión en diferentes diseños de mezcla de 7 días y 28 días.....	77
Figura 16: Resistencia a la compresión en diferentes diseños A, B, C, D,F Y G.....	78
Figura 17: Resistencia a la compresión en diferentes diseños de mezcla para 7 y 28 días .....	78
Figura 18: Ensayos con porcentaje óptimo realizados a los 28 días vs Resistencia del concreto.....	80
Figura 19: Resistencia a la tracción en diferentes diseños de mezcla CC, FMA10,20,30.....	82

Figura 20: Resistencia a la tracción en diferentes diseños de mezcla .	83
Figura 21: Resistencia a la tracción en diferentes diseños de mezcla ensayos A,B,C,D,E,F y G	84
Figura 22: Resistencia a la tracción en diferentes diseños de mezcla para el ensayo B0,20,40,60,80 y 100	85
Figura 23: Resistencia a la tracción en diferentes diseños de CC, RC1, RC2, RC3 y RC4.	86
Figura 24: Resistencia a la tracción en diferentes diseños de mezcla C0,20,40,60 y 100	87
Figura 25: Resistencia a la tracción vs Mezcla del porcentaje de cerámica	89
Figura 26: Módulo de elasticidad en diferentes diseños de mezcla para RCFMA, RCFCA y RCCMA	91
Figura 27: Módulo de elasticidad en diferentes diseños de mezcla vs Porcentaje de desechos cerámica A0, A20, A40, A60, A80 y A100	92
Figura 28: Módulo de elasticidad en diferentes diseños de mezcla.	93
Figura 29: Módulo de elasticidad en diferentes diseños de mezcla para el diseño B0, B20, B40, B60, B80 Y B100	95
Figura 30: Módulo de elasticidad en diferentes diseños de mezcla para los ensayos CC, RC1, RC2, RC3 Y RC4.	96
Figura 31: Módulo de elasticidad en diferentes diseños de mezcla para el diseño C0, C20, C40, C60, C80 y C100	98
Figura 32: Comparativa del concreto con porcentaje óptimo en el módulo de elasticidad A40, C B40, RC1 y C80	101
Figura 33: Permeabilidad en diferentes diseños de mezcla	103
Figura 34: Permeabilidad en diferentes diseños de mezcla para el diseño de mezcla CC, RC1, RC2, RC3 y RC4.	104
Figura 35: Permeabilidad en diferentes diseños de mezcla RF, SF 20, MK 20, SF20F1 y MK20F1	106
Figura 36: Permeabilidad en diferentes diseños de mezcla CC, RC1, RC2 y RC3.	108
Figura 37: Permeabilidad en diferentes diseños de mezcla.	109
Figura 38: Comparativa del óptimo porcentajes de residuos de cerámica para incrementar su resistencia vs % Absorción.	111

## RESUMEN

La presente tesis “Residuos de cerámica como sustitución porcentual del agregado para mejorar las propiedades mecánicas del concreto”, tiene por objetivo analizar las propiedades de resistencia a la compresión axial, resistencia a la tracción, módulo de elasticidad y permeabilidad del concreto bajo la influencia de residuos de cerámica incorporado en el agregado, la tesis tiene por método deductivo, con enfoque cuantitativo cuyo tipo de investigación fue descriptivo, explicativo y correlacional, ya que se relacionó las variables cuantitativas, los resultados muestran el ensayo de resistencia a la compresión axial usando un 30% de residuos de cerámica en el agregado se logró un 6.3% de incremento, para la resistencia a la tracción usando 20% de residuos de cerámica en el agregado se obtuvo un 10% de incremento para finalizar el módulo de elasticidad el único que mostro un incremento fue de 1% fue para la dosis de 10% de residuos de cerámica y finalmente para la permeabilidad usando el 20% de residuos de cerámica se obtuvo un incremento de 9.3%.

Para la presente investigación la adición de residuos de cerámica como sustituto del agregado beneficia positivamente el concreto mejorando sus propiedades mecánicas y físicas salvo el módulo de elasticidad, donde sí se ve afectado negativamente por la inclusión de los residuos de cerámica a excepción de la incorporación del 10% de residuos de cerámica donde mostró un incremento de 1%. Y en virtud de lo ya mencionado lo convierte en una potencial alternativa eco amigable de uso general para las construcciones futuras.

**Palabras clave:** residuos de cerámica, agregado grueso, propiedades mecánicas y concreto.

## ABSTRACT

The present thesis "Ceramic residues as a percentage replacement of the aggregate to improve the mechanical properties of concrete", aims to analyze the properties of resistance to axial compression, resistance to traction, modulus of elasticity and permeability of concrete under the influence of ceramic residues incorporated into the aggregate.

The thesis has a deductive method, with a quantitative approach and whose research level was descriptive and descriptive, explanatory and correlational, since quantitative variables were related.

The results obtained show that for the resistance to axial compression using 30% of ceramic residues in the aggregate, a 6.3% increase was achieved. For tensile strength, using 20% ceramic residues in the aggregate, a 10% increase was obtained. Regarding the modulus of elasticity, the only one that showed an increase of 1% was for the dose of 10% of ceramic residues and finally for the permeability using 20% of ceramic residues, an increase of 9.3% was obtained.

In conclusion, for the present investigation, in most cases the addition of ceramic residues in the aggregate benefits positively in the concrete, improving its mechanical and physical properties except for the modulus of elasticity, where it is negatively affected by the inclusion of the ceramic residues except for the incorporation of 10% of ceramic residues where it showed an increase of 1%. And by virtue of the aforementioned, it makes it a potential eco-friendly alternative for general use for future constructions.

**Keywords:** ceramic residues, coarse aggregate, mechanical properties, concrete.

## INTRODUCCIÓN

En la presente década existe una gran preocupación por el deterioro del medioambiente producto de la mano humana, la creciente demanda inmobiliaria ha llevado al uso indiscriminado del concreto en diferentes estructuras pequeñas y de gran escala con lo cual acarreó daños colaterales como es el impacto medioambiental por la producción del concreto.

Es por ello, la necesidad de ideas innovadoras, la reutilización de ciertos elementos y la idea de un concreto eco amigable, el cual, cumpla los estándares que exigen la norma con resistencias adecuadas y características propias, de acuerdo con las exigencias de los diferentes proyectos y a su vez protegiendo nuestro medio ambiente.

Es aquí, donde los residuos de cerámica en el agregado muestran relevancia, ya que está diseñado para todo tipo de estructuras y construcciones, ya que su uso es de carácter multipropósito.

La presente investigación busca promover una alternativa más eficiente y económica para el problema mencionado, sustentado en las diferentes normas y textos en función a la viabilidad para el uso de los residuos de cerámica en el agregado en estructuras con diferentes fines, debido a sus características ya mencionadas.

El objetivo de la investigación es determinar el porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso para mejorar las propiedades mecánicas del concreto según la norma E060. Analizando la resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, módulo de elasticidad y permeabilidad en el concreto, y con esto se plantea 4 objetivos específicos:

- a. Determinar el porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso para incrementar la resistencia a la compresión axial.
- b. Determinar el porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso para incrementar la resistencia a la tracción.
- c. Determinar el porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso para mejorar el módulo de elasticidad.
- d. Determinar el porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso para mejorar la permeabilidad.

La presente investigación consta de 6 capítulos, los cuales se desglosan en:

Capítulo I, donde se describe la realidad del problema, se plantea el problema general y los específicos del presente documento, como también se menciona la importancia, justificación y delimitación del mismo.

En el capítulo II corresponde al marco teórico, los estudios referentes a la investigación tales como artículos, tesis y revistas especializadas, las bases teóricas en las cuales se apoya la investigación para la realización.

En el capítulo III corresponde a la formulación de la hipótesis general como las hipótesis específicas, donde se declara las variables del estudio.

En el capítulo IV, se centra en la metodología utilizada, su diseño, el cual presenta la población y muestra, las técnicas aplicadas en la recolección de datos y el debido procedimiento del análisis.

En el capítulo V, corresponde a la presentación de los diferentes resultados, representados en Tablas y Figuras y así, llevarlos a su contrastación, la cual es la interpretación real de los resultados.

Finalmente, en el capítulo VI se muestra el desarrollo de las discusiones y conclusiones determinadas a partir de la comparación de diferentes investigaciones relacionadas con la nuestra, desglosando a partir de estas las recomendaciones según las conclusiones obtenidas, para así obtener el aporte de la presente investigación.

## CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Descripción de la realidad problemática

En tiempos actuales existe una gran preocupación relacionada al deterioro del medio ambiente generada en gran medida por la mano del hombre. Esto despierta el interés de ideas innovadoras, con nuevas investigaciones y propuestas que pretenden solucionar los problemas que se han generado con el paso del tiempo, tales como el calentamiento global, el deterioro de la capa de ozono o el trastorno en los ecosistemas, entre otros.

La producción de concreto a través de la industria conlleva al uso de enormes cantidades de recursos no renovables, con lo cual emiten grandes cantidades de carga contaminante para el medio ambiente y por otro lado, se genera escombros a causa de las demoliciones. Esto se convierte en un problema en ciudades en crecimiento como es el caso de nuestro país. Según lo publicado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI, en el semestre 2018, la construcción alcanzó una tasa de 6% como se muestra en la siguiente figura.

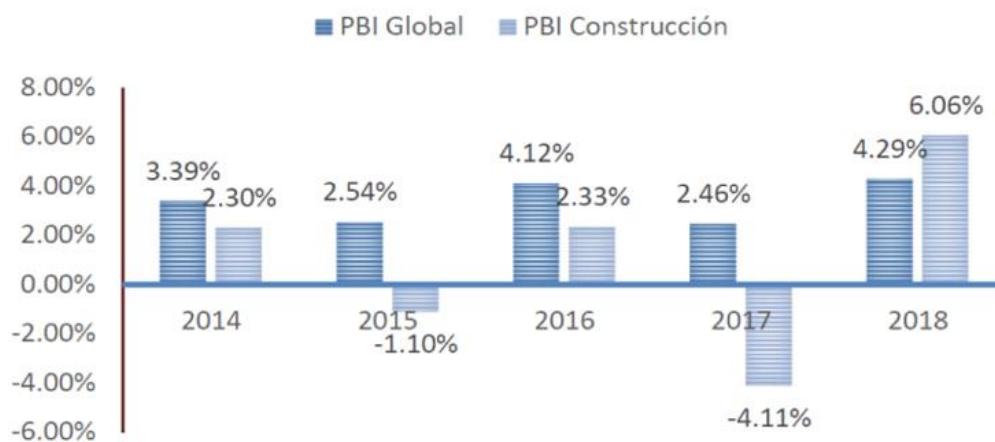


Figura 1: PBI país y PBI de la construcción: 2014 – 2018.

Fuente: INEI.

Estos escombros posteriormente son llevados a diferentes vertederos. Y es aquí donde se dará un uso a uno de estos materiales llamado “cerámica” con el fin de reutilizarlo y añadirlo porcentualmente en el agregado y así, mitigar el impacto ambiental y reducir el consumo de energía producto de la fabricación del concreto.

Con el paso de los años la tecnología de concreto busca desarrollar concretos más eco amigables que utilicen menor energía para su producción y en esta perspectiva se halla utilidad para los residuos cerámicos, otorgando nuevas formas de elaboración con sustitución porcentual de residuos de cerámica que nos ayudan a implementar un nuevo material sostenible para la fabricación de concreto. Se comparará la resistencia a compresión del concreto elaborado con 100% de cemento y del elaborado con diferentes porcentajes de residuos de cerámica, gracias a esto se pretende mantener o mejorar las propiedades del concreto.

En el presente trabajo de investigación se estudiará la influencia de los desechos cerámicos en el concreto, pero como reemplazante porcentual del agregado. Así mismo, se evaluará parámetros como resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, módulo de elasticidad y permeabilidad con diferentes dosis de residuos de cerámica aplicados al concreto Esta investigación trae ventajas importantes puesto que disminuye el costo del concreto y mantiene su resistencia a la compresión de éste. Se utilizó las normas de la ASTM y NTP para estudio de la caracterización de los materiales y resistencia del mortero Chicaiza, C. y Guerra, G. (2017).

Los estudios demuestran que la resistencia a la compresión del concreto depende del porcentaje que se le añade de material reciclado. En algunas investigaciones se concluye, para que el concreto sea favorable de acuerdo con lo diseñado se le debe de agregar un máximo de material reciclado en porcentajes. Por otro lado, cabe mencionar que en la actualidad la construcción está en su máximo apogeo, por tal razón es necesario buscar métodos para incrementar la resistencia a la compresión del concreto. Es importante determinar que tanto porcentaje se le debe de añadir al concreto para que su resistencia a la compresión sea óptima, al igual que los demás parámetros establecidos. Rojas, A. (2019).

## 1.2 Formulación de la investigación

### 1.2.1 Problema general

¿De qué manera influyen residuos de cerámica como sustitución porcentual del agregado grueso influyen en las propiedades mecánicas del concreto?

### 1.2.2 Problemas específicos

a. ¿En qué medida el porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso influye en la resistencia a la compresión axial?



- b. ¿En qué medida el porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso influye en la resistencia a la tracción?
- c. ¿En qué medida el porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso influye en el módulo de elasticidad?
- d. ¿En qué medida el porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso influye en la permeabilidad?

### 1.3 Objetivos de la investigación

#### 1.3.1 Objetivo general

Determinar los residuos de cerámica como sustitución porcentual del agregado grueso para mejorar las propiedades mecánicas del concreto.

#### 1.3.2 Objetivos específicos

- a. Determinar el óptimo porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso para incrementar la resistencia a la compresión axial.
- b. Determinar el óptimo porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso para incrementar la resistencia a la tracción.
- c. Determinar el óptimo porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso para incrementar el módulo de elasticidad.
- d. Determinar el óptimo porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso para incrementar la permeabilidad.

### 1.4 Delimitación de la investigación

#### 1.4.1 Geográfica

El trabajo se delimita con la información encontrada de diferentes bibliografías como también en las zonas estudiadas.

#### 1.4.2 Temporal

La investigación se desarrollará durante los meses de mayo a noviembre en el año 2021.

#### 1.4.3 Temática

Campo: Reemplazo parcial del agregado por residuos de cerámica en el diseño de concreto.

Área académica: Tecnología del concreto.

Línea de investigación: Diseño de mezcla de concreto.

Sub línea de investigación: Descripción de fuentes relacionadas al tema.

#### 1.4.4 Muestral

Se aplicará a las probetas de concreto fresco y endurecido según lo establece la NTP y el ASTM.

#### 1.5 Justificación del estudio

El propósito del estudio es obtener una posible alternativa de solución frente al impacto medioambiental producto de la fabricación del concreto. La presente investigación busca reducir el daño medioambiental producto de la demanda del agregado en la producción del concreto utilizando los residuos de cerámica por sustitución porcentual en el agregado y de esta manera contribuir con una solución técnica y sostenible reciclando ciertos materiales teniendo presente la norma técnica peruana y de esta manera brindar un producto de la calidad para los beneficiarios y a su vez cumplir con el fin de cumplir las características mecánicas que indica la norma.

##### 1.5.1 Conveniencia

La presente investigación se podrá tomar en cuenta como posible solución frente al impacto ambiental que produce la fabricación del concreto, añadiéndole un porcentaje de residuos de cerámica (material de demolición) y de esta manera reducir la proporción necesaria de agregado dentro del concreto sin alterar negativamente la calidad de este último.

##### 1.5.2 Relevancia social

En diferentes obras de ingeniería se requiere que el concreto cumpla con lo mínimo establecido por el proyectista, ya que es el material de mayor incidencia en casi la mayoría de las estructuras de nuestro país. Al utilizar un material reciclado como los residuos de cerámica, indirectamente los costos se reducen, por consecuencia podría ser potencialmente una solución en proyectos donde el presupuesto sea limitado.

##### 1.5.3 Aplicaciones prácticas

Teniendo en cuenta la influencia de los residuos de cerámica sobre el concreto tanto en estado fresco como endurecido.

##### 1.5.4 Utilidad metodológica

Para efectuar el análisis de datos se empleará el método de recolección de datos estadísticos, la cual nos permitirá tomar nuestra decisión de una forma sencilla del comportamiento de varias tomas de datos y con un nivel de confianza determinado.

### 1.5.5 Valor teórico

Teniendo en cuenta la influencia de los residuos de cerámica sobre el concreto tanto en estado fresco como endurecido. Se logrará mayor conocimiento, con lo cual se tendrá mayores herramientas para la toma de decisiones frente a diferentes escenarios donde podría ser una alternativa de solución viable y sostenible.

## 1.6 Importancia del estudio

El concreto es imprescindible para diferentes tipos de construcciones, lo cual lo convierte en el material de mayor incidencia, no obstante, vemos desventajas a nivel mundial por que se fabrica el concreto con productos químicos que afectan y contaminan el medio ambiente es por ello que se aplica esta nueva forma de elaboración del concreto adquiriendo una mejora en su resistencia y acabado.

### 1.6.1 Nuevos conocimientos

Abarca una dimensión de nuevos conocimientos aplicadas a la ingeniería actual, la cual favorece e innova la capacidad de producción en obra, destaca el manejo de nuevos factores, como en la construcción y el desarrollo de un mercado industrial sin contaminación.

### 1.6.2 Aporte

Realizar una adecuada formación de datos experimentales, esto permite que otros ingenieros adquieran un nuevo diseño de concreto eco amigable y lo planteen en las condiciones que lo vean factible.

## 1.7 Limitaciones del estudio

La dificultad en la disponibilidad y utilización de equipos de laboratorio para las pruebas experimentales debido a las condiciones establecidas por el estado peruano producto de la pandemia por causa del Covid19, por lo que la presente tesis es una investigación descriptiva.

### 1.7.1 Falta de estudios previos de investigación

Por falta de implementación tecnológica y de datos experimentales de acuerdo al reciclado de residuos de cerámica como sustitución porcentual del agregado grueso, se ha tenido que tomar varias investigaciones tanto nacionales como internacionales, entre artículos y libros de igual manera, mostradas a diferentes factores, condiciones y características del reciclado y reutilización de los residuos de cerámica.

### 1.7.2 Metodológicos o prácticos

Prácticamente se debe a los diferentes conjuntos de reglas a nivel mundial la cual no están estandarizadas, y esto permite que se manifieste una alteración de datos que podrían adquirir resultados adversos en su composición química, física y componentes del concreto.

### 1.7.3 Medidas para la recolección de datos

Las investigaciones analizadas, consideran diferentes tipos de reciclado en cerámica (vidrio molido, demolición de construcción). relaciones porcentuales adecuadas para llegar a las resistencias requeridas, la incorporación de adiciones minerales para mejorar las propiedades del concreto. se debe tener información necesaria para obtener un porcentaje óptimo y que permita visualizar una tendencia de mejora en propiedades físicas - mecánicas del concreto.

### 1.7.4 Obstáculos en la investigación

El equipo que han utilizado los investigadores no se conocen sus características, el nivel de precisión y lo más importante si tienen certificación de calibración, porque no se mencionan en los documentos revisados, por lo cual; los datos obtenidos puedan ser confiables que puede limitar el alcance, el tamaño de la muestra; o puede ser un obstáculo significativo para encontrar una tendencia, generalización o relación significativa.

## 1.8 Alcance

La investigación se basa en el uso porcentual de los residuos de cerámica en el agregado para que pueda ser utilizado en nuevas edificaciones. Este nuevo concreto se someterá a diferentes parámetros y se comparará con un concreto patrón para determinar el porcentaje más adecuado a sustituir en el agregado. El desarrollo se dará por resistencia a la compresión, tracción, módulo de elasticidad y permeabilidad basado en la norma E060 y ASTM.

## 1.9 Viabilidad

La investigación se hace viable ciertamente a que existen diversas fuentes entre tesis, revistas especializadas y artículos de investigaciones, las cuales realizaron investigaciones relacionadas a los desechos por residuos de cerámica y su posible intrusión en el concreto como potencial material sostenible, por lo que se infiere que existe suficiente información para desarrollar la presente investigación.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Marco histórico**

Alcaide, (2012). El ser humano ha generado residuos desde la antigüedad, sin embargo, estos residuos entonces no eran considerados un problema, ya que en general eran residuos orgánicos biodegradables o residuos que podían utilizarse en la fabricación de utensilio o materiales de construcción. Con la formación de grandes núcleos sociales los residuos comenzaron a suponer un problema sanitario o estético y por ello se comenzó a gestionar su acumulación. Pero no es hasta la edad contemporánea en que se produce el desarrollo industrial y el crecimiento descontrolado de la población, cuando los residuos vuelven a destacar debido tanto a la cantidad generada, como por la composición de los mismos: materiales naturales, productos químicos, metales, etc.

Los residuos de construcción y demolición (RCD). también llamados residuos inertes y conocidos habitualmente como escombros son aquellos que se generan en las actividades propias de construcción y esencialmente durante la rehabilitación, reforma, demolición y mantenimiento de edificios o infraestructuras en general.

### **2.2 Investigaciones relacionadas con el tema**

#### **2.2.1 Investigaciones internacionales**

Chóez, (2019). Se realizaron diferentes dosificaciones en volumen para obtener los pesos establecidos, para la elaboración de los bloques de residuos reciclados de cerámica y mampostería. Los bloques se los desarrollarán de forma tradicional con materiales básicos como son, el cemento, arena, agregado y agua, remplazando el material reciclado por el agregado, actualmente se viene utilizando en la fabricación de bloques artesanales dosificaciones empíricas ya establecidas por los dueños de las bloqueras con las cuales llegan a obtener cierta resistencia a la compresión en dichos bloques, los mismos que se encuentran dentro de los parámetros de la Norma INEN ecuatoriana. Esta investigación realizará una revisión general de la elaboración de bloques, desde la correcta selección de materiales, la determinación de la dosificación, una perfecta elaboración en lo referente al mezclado, moldeo, vibrado, y un adecuado curado más su respectivo almacenamiento.

Molina y Terán, (2019). Propusieron un uso en el campo de la construcción a los residuos cerámicos que son desechados por la empresa ecuatoriana EDESA S.A. hacia los rellenos sanitarios de la ciudad de Quito, tratando de disminuir el impacto ambiental que éstos generan en el suelo. El uso de los residuos cerámicos consiste en llevarlos a un tamaño de partícula que pase el tamiz #200 y sustituirlos parcialmente por cemento en cantidades de 5%, 7.5%, 10%, 12.5% y 15%, que posteriormente fue analizado este nuevo componente de cemento-cerámico bajo los requisitos de desempeño para cementos hidráulicos dados por la normativa NTE INEN 2380, focalizados a determinar la resistencia a la compresión, contenido de aire en morteros así como también determinar el tiempo de fraguado y cambio de longitud por autoclave en pastas.

Pérez, (2016). Evaluó la formulación de cementos ternarios debido a las diversas ventajas que ofrece. Parte de su trabajo fue mostrar la formulación de dichos cementos ternarios que propone la sustitución de un 50% de P-35, por adiciones de polvos de residuos de cerámica roja y caliza en proporción 2:1. Se tomó como referencia al cemento Portland Puzolánico PP-25. La fabricación de los cementos LC3-50 L (2:1) y LC3-50 R (2:1) se efectuó a escala de laboratorio y se les realizaron ensayos químicos y físico-mecánicos para su caracterización de acuerdo con las especificaciones establecidas en las normas cubanas. Con estos aglomerantes producidos se elaboraron morteros de albañilería para evaluar su resistencia a flexo-compresión y la absorción de agua por capilaridad. Los resultados de los ensayos fueron analizados estadísticamente mediante el programa Statgraphics, lo que permitió el estudio del comportamiento de estos cementos. De los cementos obtenidos solo el LC3-50 R (2:1) cumple con los requerimientos establecidos en la norma cubana NC 97: 2011 y las normas internacionales vigentes para cementos de albañilería.

Hernández y Saravia, (2018). Mostraron su preocupación debido a la gran cantidad de elementos cerámicos que son rechazados, destruidos y transportados a los botaderos autorizados del Distrito Metropolitano de Quito, con el fin de utilizarlos en el campo de la construcción y reducir el impacto ambiental adverso; para lo cual se ha planteado la adaptación de los

desechos de cerámicos triturados como sustituto del agregado grueso en un hormigón diseñado para una resistencia a la compresión de  $f'c$ : 24 MPa, e identificaron la incidencia que provoca esta sustitución en las propiedades físicas y mecánicas del hormigón. Se evaluaron 14 muestras cilíndricas de un hormigón convencional con un diseño típico del ACI 318 y 72 muestras cilíndricas para un hormigón experimental con residuos de material cerámico, residuos que fueron tamizados, reflejando una reducción del 10% en la resistencia a la compresión. Con respecto al módulo de elasticidad en el rango de deformación del 2 ‰ al 3 ‰, el valor del esfuerzo actuante considerado para el diseño de elementos de hormigón armado superó los 24 MPa.

Mora, (2014). Examinó los efectos de la sustitución total del agregado grueso (grava natural) del hormigón, por grava obtenida de los residuos de la industria cerámica de la ciudad de Cuenca-Ecuador. Este residuo se denomina chamota y, proviene de las piezas formadas y quemadas que se han roto durante la elaboración de vajillas de cerámica, se utilizará la chamota obtenida antes del proceso de esmaltado. Se investigan los efectos tanto en la resistencia mecánica como en la densidad y la absorción del hormigón resultante. Con este fin se determinan: la resistencia a compresión y tracción, así como la absorción total de agua por inmersión total y la densidad. Los resultados obtenidos muestran que, para el hormigón cerámico elaborado con el árido cerámico completo obtenido de la trituración, la densidad disminuyó en un 12 % la resistencia a compresión ( $f'c$ ) en un 70%, la resistencia a flexión o módulo de rotura (MR) disminuye en un 44% en comparación con el concreto convencional, la relación  $MR/f'c$  en el hormigón cerámico es de 0,29 mientras que en los convencional es de 0,17. Para el hormigón cerámico elaborado con el árido cerámico sin finos la densidad disminuyó en un 10% la resistencia a compresión en un 58%. Por lo tanto, debido a las bajas resistencias obtenidas en los hormigones cerámicos y su alta permeabilidad, se concluye que nos es viable su uso como hormigón estructural.

### 2.2.2 Investigaciones nacionales

Castillo, (2018). La siguiente investigación nace de la observación respecto a la cantidad de desperdicio de baldosas cerámicas ya sea por traslado o de las diferentes obras civiles, ya que estos son trasladados a rellenos o botaderos al canto del río. Por lo que el reciclaje de estos desperdicios es una forma de mitigar el impacto ambiental negativo que genera. El propósito de la investigación es conocer la resistencia a la compresión del concreto sustituyendo en un 50% y 75% el agregado grueso por desperdicio de baldosas cerámicas en un diseño de mezclas  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , y su posible uso en elementos estructurales y no estructurales. Estudio que se realizó en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro de la ciudad de Huaraz, reciclando los desperdicios de baldosa cerámicas provenientes de acabados y enchapados en edificaciones arrojados en botaderos clandestinos ubicados en las riberas del río santa de la ciudad, agregado grueso y fino de las canteras de Tacllan y con un cemento portland tipo I, con el fin de encontrar alternativas de materiales para su aplicación en el campo de la ingeniería. Así mismo se llevó a cabo una serie de ensayos de laboratorio como las de granulometría, humedad, gravedad específica, absorción, peso unitario, abrasión, y rotura de probetas a los 7,14 y 28 días de curado según las normas ASTM C39 y NTP 339.034-2008; con el objeto de hacer el análisis comparativo del patrón vs el experimental relacionado a la resistencia de compresión. Se determinó que al someter al concreto experimental a ensayos de compresión, éste alcanzó los estándares requeridos ya que sobrepasaron al 100% de la resistencia de diseño a los 28 días de curado, pero estos resultados tuvieron una leve disminución en comparación con el concreto patrón. Concluyéndose de esta forma que la utilización de desperdicios de baldosas cerámicas como agregado grueso es una alternativa viable dentro de la construcción en elementos no estructurales que no soporten cargas muy considerables y que su empleo conllevaría a mitigar los efectos negativos que ocasiona su desecho hacia el medio ambiente.

Luján y Rodríguez, (2021). En la presente investigación denominada: “Estudio de los residuos de la construcción y demolición como agregado



grueso para la construcción de espacios públicos recreativos en el distrito de Trujillo” tuvo como objeto buscar darle un valor agregado a un material que generalmente es botado y que genera acumulación en y contaminación con el tiempo, haciendo que forme parte de un producto altamente solicitado como es el concreto. Para ello se obtuvo material de escombros de concreto y se procedió a triturar hasta llegar a tamaños de agregado grueso de ½”, y se utilizaron materiales convencionales (de cantera). los cuales fueron caracterizados y el cemento tipo I de la marca Mochica - Pacasmayo. Se diseñó un concreto de 175 kg/cm<sup>2</sup> y se elaboraron en total 45 muestras cilíndricas de 30 cm de altura y 15 cm de diámetro. Se realizaron las pruebas de resistencia a la compresión a 7, 14 y 28 días de curado de las probetas y se utilizaron dosificaciones de 50% y 100% de agregado reciclado de escombros en reemplazo del agregado grueso original. Llegando a la conclusión que el agregado reciclado de escombros disminuyó ligeramente la resistencia a la compresión pasando de 233.1 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a 28 días de curado que se obtuvieron en las probetas patrón, a 200.1 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia que obtuvieron las probetas con 100% de agregado reciclado. Pero también se concluyó que es posible utilizar este tipo de material para elaborar concreto no estructural ya que todos los resultados superaron a la resistencia de diseño, dando la opción de viabilidad de implementar esta alternativa.

Heredia, (2019). Esta investigación tuvo como fin analizar la variación de la resistencia a la compresión del concreto  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, con la incorporación de cerámico triturado en reemplazo del agregado grueso, cuya combinación cumple la granulometría según norma NTP 400.012; Para ello se utilizó el diseño de mezclas según el método de módulo de fineza y combinación de agregados, con los siguientes materiales, cemento Pacasmayo tipo I, piedra chancada ½”, arena gruesa, agua y cerámico triturado. Se elaboró concreto de resistencia  $f'c = 210$  Kg/cm<sup>2</sup>, con 0%, 3% y 5% de cerámico chancado en reemplazo de agregado grueso; se elaboraron probetas de concreto según norma NTP-339-033-2015, se realizó el ensayo de resistencia a la compresión, obteniendo como resultados; con un 0% de cerámico 343.38 kg/cm<sup>2</sup>, con un 3% de cerámico 309.74 kg/cm<sup>2</sup> y con un

5% de cerámico 317.84 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de curado, llegando a la conclusión que con el remplazo de cerámico triturado por agregado grueso en un 3% y 5% en la elaboración de concreto; la resistencia a la compresión se ve afectada entre un 7.44% y 9.80 %, también se observó que el curado del concreto es favorable con el remplazo del cerámico.

Espinoza, (2020). El proyecto tuvo como objetivos de investigación determinar la resistencia a la compresión de un concreto  $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$  cuando se sustituye el agregado grueso por resina en 30%, 40% y 50%. Fue una investigación aplicada y explicativa, fue de enfoque cuantitativo y de diseño experimental en bloque completo al azar. La muestra fue de 36 probetas: 9 para concreto patrón, 9 para 30% ,9 para 40% y 9 para 50% de resina. La técnica utilizada fue la observación y como instrumento de registro de datos se utilizó una guía de observación y fichas técnicas del laboratorio de mecánica de suelos y ensayo de materiales. Los datos fueron procesados con los programas Excel y SPSS. El análisis se realizó con tablas, gráficos, porcentajes, promedios, varianzas, coeficiente de variación y una prueba de hipótesis ANOVA. Se determinó que la sustitución del Agregado Grueso por Resina combinación al 30%,40% obtuvo resistencias superiores en 3.00 %,1.09%con respecto al concreto patrón, pero con respecto a la sustitución al 50% se obtuvo una resistencia inferior en 2.29% con respecto al concreto patrón, pero encontrándose dentro del rango permitido por lo cual es aceptable los valores de los concretos experimentales, demostrando que la nueva sustitución puede ser usada en obras de construcción, brindándole a la población estructuras de alta resistencia.

Arimana y Taquiri, (2020). Evaluaron la resistencia a la compresión y flexión del concreto  $f'c: 210 \text{ kg/cm}^2$ , mediante la adición de residuos de mármol, teniendo en cuenta de que se genera hasta el 30% de residuos de mármol por metro cúbico extraído de la cantera, la finalidad fue lograr que el concreto mejore sus respectivas propiedades por medio de la reutilización de los residuos que se originan durante la extracción de mármol reduciendo los desechos resultantes durante su procesamiento. La metodología del estudio fue del tipo aplicada con un enfoque cuantitativo, el diseño es

experimental, de nivel explicativa. Se elaboraron 36 muestras cilíndricas para el ensayo a compresión y 36 vigas prismáticas para el ensayo a flexión, así mismo se midió el asentamiento de las mezclas. Se concluye que con la adición del 15% de estos residuos se obtuvo favorables resultados incrementando en un 18.3% y 21.4% la resistencia a la compresión y flexión respectivamente. Además de que la mezcla posee una consistencia fluida con un slump promedio  $>6''$  mejorando la trabajabilidad. Se recomendó que la trituración de los residuos de mármol se realice de forma homogénea, la composición de las diferentes variedades y colores que presenta esta piedra pueden presentar un cambio en el diseño de mezcla, además el reemplazo del 15% de la arena gruesa por residuos de mármol en el concreto sea empleado para fines estructurales, de la misma forma, se tenga en cuenta la medición del esfuerzo a edades superiores a los 28 días con la finalidad de obtener resultados precisos de la resistencia.

Meza y Tolentino, (2020). Señalaron la viabilidad técnica para incrementar las propiedades mecánicas del concreto sobre  $210 \text{ kg/cm}^2$  es posible, utilizando un concreto modificado que incluye un plastificante y sustituyendo el 30% de agregado grueso con materiales cerámicos residuales. El diseño de mezcla se alineó con la norma internacional ACI 211. Se elaboraron 112 probetas para medir sus propiedades mecánicas, haciendo uso de un diseño factorial considerando 7, 14, 21 y 28 días de tiempo de fraguado; y la otra variable 0%, 10%, 20% y 30% de sustitución del agregado grueso por la cerámica residual. Las variables dependientes fueron las resistencias a la compresión, a la flexión, y a la tracción. La cantidad de plastificante utilizada fue la misma para todas las muestras y equivalente a 4.8 kg por un metro cúbico de concreto. Con los resultados se elaboraron los modelos de regresión múltiple de segundo orden, y validados estadísticamente. Para 28 días de tiempo de fraguado y 30% de cerámico se alcanzó una resistencia máxima de compresión  $339 \text{ kg/cm}^2$ , la resistencia máxima a la flexión fue de  $54 \text{ kg/cm}^2$ , y para la tracción fue de  $22 \text{ kg/cm}^2$ . Para todas las mezclas se utilizó como referencia el diseño de mezcla convencional considerado con resistencia  $210 \text{ kg/cm}^2$ . La cerámica triturada fue tamizada para obtener tamaños mayores a  $1/2$  pulgada. Los resultados

obtenidos demuestran que el uso de la cerámica triturada como reemplazo parcial del agregado grueso y el uso de aditivo plastificante incrementan las propiedades mecánicas del concreto. El impacto positivo de estos resultados demuestra ser multiplicador, ya que el concreto puede utilizarse para todo tipo de unidades estructurales de las edificaciones, además de reducir el costo en 10% respecto al costo del concreto convencional.

Rodriguez, (2016). Evaluó de la resistencia a compresión del concreto elaborado con material cerámico reciclado sustituyendo al agregado pétreo en Huaraz - Ancash. Fue una investigación aplicada y explicativa, de enfoque cuantitativo y de diseño experimental. La técnica utilizada es la observación y como instrumento de registro de datos se contó con fichas técnicas del laboratorio de mecánica de suelos y ensayo de materiales. Los resultados de la resistencia de concreto han sido procesados con los programas Excel. El análisis se realizó con tablas, gráficos, porcentajes, promedios y varianzas. El material cerámico usado en las diferentes mezclas de los ensayos fue producido a partir de la trituración manual del cerámico reciclado comúnmente usado en la construcción de viviendas en la ciudad de Huaraz. Se evaluó una mezcla de concreto con tres porcentajes diferentes de remplazo de agregado grueso por material cerámico reciclado, se constituyó de (27 probetas: 9 para concreto patrón, 9 para 25%, 9 para 50%). Dentro de las propiedades analizadas están la resistencia a la compresión. En este sentido se determinó que, al someter al concreto con material cerámico reciclado a ensayos de compresión, se observó que este no alcanzó los estándares en su totalidad por efectos de la adherencia el material cerámico y la pasta de cemento, pero se encontraron resultados positivos. Se puede concluir que la incorporación del material cerámico reciclado como agregado grueso nuevo al ciclo productivo de la construcción, es una alternativa viable para concretos no estructurales, un ejemplo demostrativo para la transferencia de tecnología a la sociedad además muestra beneficios económicos y ecológicos implícitos.

### 2.2.3 Artículos relacionados con el tema

Pitarch et al, (2017). Utilizaron desechos de baldosas cerámicas (TCW), ladrillos de arcilla roja (RCB) y artículos sanitarios de cerámica (CSW)

como reemplazo parcial (14-30% en peso) de agregados de piedra caliza natural para producir concreto estructural. Se caracterizaron los áridos naturales y reciclados, y se investigó la resistencia y densidad del hormigón endurecido después de 7 y 28 días de curado a temperatura ambiente. El concreto TCW obtuvo los mejores resultados de resistencia a la compresión (ganancia de resistencia de hasta 7% con 20% en peso de desperdicio después de 28 días de curado). Las propiedades mecánicas del concreto reciclado CSW fueron similares a las de las muestras tradicionales, y disminuyeron ligeramente con el tiempo de curado y la sustitución de agregados, con una pérdida de resistencia máxima de 5.77% para el reemplazo del 30% en peso. Aunque el hormigón RCB presentó la mayor pérdida de resistencia (hasta 18,4% después de 7 días de curado), mostró la mejor mejora de la resistencia con el tiempo de curado, lo que resultó en una pérdida de resistencia de sólo el 11% en los hormigones de RCB al 30% en peso curados durante 28 días. Estos resultados demuestran la viabilidad de usar TCW y CSW como agregados reciclados en la producción de concreto estructural sin afectar significativamente la resistencia a la compresión del concreto reciclado desarrollado.

Cheng et al, (2016). Hacen referencia el polvo de pulido de cerámica residual, como un tipo de residuo común en la industria cerámica, se produce durante el esmerilado y pulido de baldosas cerámicas. En este trabajo, se utilizó polvo de pulido cerámico de desecho, como material cementante complementario, para la preparación del hormigón. Con la ayuda de ensayos, este artículo analiza los efectos del polvo de pulido cerámico residual sobre la resistencia a la permeabilidad del hormigón. En este estudio se diseñaron 12 grupos de hormigón, incluido un grupo de control; cuatro grupos de hormigón mezclado con polvo de pulido cerámico residual; cuatro grupos de hormigón mezclado con cenizas volantes; tres grupos de concreto mezclado con polvo de pulido cerámico residual y cenizas volantes simultáneamente, y la tasa de sustitución de cemento en cada grupo fue diferente. Las pruebas demostraron que la resistencia a la permeabilidad del hormigón mezclado con el polvo de pulido cerámico residual es superior a la del grupo de control y, en particular, la resistencia

a la permeabilidad más deseable se logra cuando la tasa de sustitución del cemento es del 30%; con la diferencia en la tasa de sustitución del cemento, la resistencia a la permeabilidad del hormigón mezclado con el polvo de pulido cerámico residual varía de manera similar a la del hormigón mezclado con cenizas volantes; la resistencia a la permeabilidad del hormigón mezclado con polvo de pulido cerámico residual y cenizas volantes simultáneamente es superior a la del hormigón mezclado con ambos. la resistencia a la permeabilidad del hormigón mezclado con polvo de pulido cerámico residual varía de manera similar a la del hormigón mezclado con cenizas volantes; la resistencia a la permeabilidad del hormigón mezclado con polvo de pulido cerámico residual y cenizas volantes simultáneamente es superior a la del hormigón mezclado con ambos. la resistencia a la permeabilidad del hormigón mezclado con polvo de pulido cerámico residual varía de manera similar a la del hormigón mezclado con cenizas volantes; la resistencia a la permeabilidad del hormigón mezclado con polvo de pulido cerámico residual y cenizas volantes simultáneamente es superior a la del hormigón mezclado con ambos.

Cachim et al, (2014). Mencionan que, el desarrollo de tecnologías para la protección del medio ambiente contribuye a salvar y preservar los recursos naturales. Recientemente, tanto el gobierno como el sector privado han aceptado la opinión de que se debe lograr una utilización racional de los recursos no renovables. Históricamente, la industria del hormigón se basa en gran medida en el uso de agregados naturales y cemento Portland. La abundancia de agregados naturales finos y gruesos, ubicados cerca de las principales ciudades, las especificaciones de prescripción y la gran producción y el transporte económico han contribuido a esta práctica. Por otro lado, en relación con los vertederos limitados de residuos, se está adoptando una actitud ecológicamente sustentable y responsable con respecto a la minimización de residuos y la utilización de materiales alternativos en la construcción, para mejorar la sustentabilidad a través de la eficiencia energética, reduciendo el CO<sub>2</sub> emisiones, el costo de la construcción y el mantenimiento del ciclo de vida. Este trabajo presenta el

uso de algunas materias primas naturales y subproductos industriales como materiales de sustitución hacia la sostenibilidad del hormigón. Los materiales informados se utilizan como cemento o reemplazo de agregados y son ambientalmente seguros (no peligrosos) y estables.

Gonzalez et al, (2017). Analizaron el efecto de los áridos reciclados (RA). a partir del estudio de las diversas calidades, de las propiedades físicas, mecánicas y de durabilidad del hormigón de alto rendimiento (HPC). Se utilizaron cinco tipos de áridos reciclados: tres RA gruesos procedentes de hormigones parentales de 100, 60 y 40 MPa, así como un árido reciclado mixto grueso y un árido residual cerámico fino como sustituto de los áridos naturales (NA). Se emplearon dos tipos de NA gruesa y dos tipos de arenas de río para la producción de hormigón. Sobre la base de los hallazgos de nuestra investigación, se determinó que la reducción en la calidad y el aumento en la cantidad de sustitución de RA produjeron una disminución en las propiedades de HPC. Según nuestro análisis de las propiedades mecánicas, Se puede emplear un 100% de reemplazo de NA grueso por agregados de concreto reciclado, siempre que el RA se haya obtenido de un concreto de resistencia mínima de 60 MPa. Sin embargo, el comportamiento de la durabilidad estuvo muy influenciado por el uso de AR, por lo que las relaciones de reemplazo de AR de alta calidad deben reducirse al 50% para lograr patrones de comportamiento similares a los del hormigón NA. Además, las reducciones severas de las calidades de AR (provenientes de hormigones de 40 MPa de resistencia o desechos mixtos) solo permitieron proporciones de reemplazo del 20% en la producción de HPC. Sin embargo, aquellos hormigones que contienen cerámica fina RA (hasta 30%) alcanzaron mayor resistencia a la compresión, mayor resistencia a la penetración de iones de cloruro y mayores mejoras en las propiedades de durabilidad a edades más largas que los hormigones producidos con hormigón NA. siempre que el RA se haya obtenido de un hormigón de resistencia mínima de 60 MPa. Sin embargo, el comportamiento de la durabilidad estuvo muy influenciado por el uso de AR, por lo que las relaciones de reemplazo de AR de alta calidad deben reducirse al 50% para lograr patrones de comportamiento similares a los del hormigón NA.

Además, las reducciones severas de las calidades de AR (provenientes de hormigones de 40 MPa de resistencia o desechos mixtos) sólo permitieron proporciones de reemplazo del 20% en la producción de HPC. Sin embargo, aquellos hormigones que contienen cerámica fina RA (hasta 30%) alcanzaron mayor resistencia a la compresión, mayor resistencia a la penetración de iones de cloruro y mayores mejoras en las propiedades de durabilidad a edades más largas que los hormigones producidos con hormigón NA. siempre que el RA se haya obtenido de un hormigón de resistencia mínima de 60 MPa. Sin embargo, el comportamiento de la durabilidad estuvo muy influenciado por el uso de AR, por lo que las relaciones de reemplazo de AR de alta calidad deben reducirse al 50% para lograr patrones de comportamiento similares a los del hormigón NA. Además, las reducciones severas de las calidades de AR (provenientes de hormigones de 40 MPa de resistencia o desechos mixtos) sólo permitieron proporciones de reemplazo del 20% en la producción de HPC. Sin embargo, aquellos hormigones que contienen cerámica fina RA (hasta 30%) alcanzaron mayor resistencia a la compresión, mayor resistencia a la penetración de iones de cloruro y mayores mejoras en las propiedades de durabilidad a edades más largas que los hormigones producidos con hormigón NA. y en consecuencia, las tasas de reemplazo de RA de alta calidad deben reducirse al 50% para lograr patrones de comportamiento similares a los del hormigón NA. Además, las reducciones severas de las calidades de AR (provenientes de hormigones de 40 MPa de resistencia o desechos mixtos) sólo permitieron proporciones de reemplazo del 20% en la producción de HPC. Sin embargo, aquellos hormigones que contienen cerámica fina RA (hasta 30%) alcanzaron mayor resistencia a la compresión, mayor resistencia a la penetración de iones de cloruro y mayores mejoras en las propiedades de durabilidad a edades más largas que los hormigones producidos con hormigón NA. y, en consecuencia, las tasas de reemplazo de RA de alta calidad deben reducirse al 50% para lograr patrones de comportamiento similares a los del hormigón NA. Además, las reducciones severas de las calidades de AR (provenientes de hormigones de 40 MPa de resistencia o desechos mixtos) sólo permitieron proporciones de reemplazo del 20% en la producción de HPC. Sin embargo, aquellos



hormigones que contienen cerámica fina RA (hasta 30%) alcanzaron mayor resistencia a la compresión, mayor resistencia a la penetración de iones de cloruro y mayores mejoras en las propiedades de durabilidad a edades más largas que los hormigones producidos con hormigón NA.

Etxeberria , (2018). Manifestaron que, muy pocos estudios sobre hormigones de áridos reciclados (RC) se han extendido al uso de áridos cerámicos reciclados y mixtos en relación con hormigones de alta resistencia. En general, se concentran únicamente en el análisis de las propiedades físicas y mecánicas. Este estudio aborda la investigación de la influencia que tienen diferentes porcentajes (hasta un 30% de sustitución de áridos naturales) de áridos cerámicos de alta porosidad y áridos mixtos reciclados sobre la retracción plástica, autógena y por secado de los hormigones. También se determinaron las propiedades físicas, mecánicas y la resistencia a los cloruros para evaluar la viabilidad del uso de áridos cerámicos y mixtos reciclados en hormigones de alta resistencia. Los resultados revelaron que el empleo de áridos reciclados altamente porosos redujo los valores de contracción plástica y autógena del hormigón con respecto a los obtenidos por el hormigón convencional (CC). Aunque la contracción total por secado del hormigón reciclado resultó ser un 25% mayor que la del hormigón CC, el hormigón CC tuvo de hecho un valor de retracción más alto que el del RC de 7 a 150 días de secado. Se puede concluir que el hormigón RC producido empleando hasta un 30% de agregados cerámicos finos (FCA, con 12% de capacidad de absorción) logró los valores de contracción más bajos y la mayor resistencia mecánica y a los iones de cloruro. Además, el hormigón producido con un bajo porcentaje (10-15%) de agregados mixtos reciclados también tenía propiedades similares al hormigón convencional.

Gomes y De Brito, (2009). Entienden que la creciente dificultad en la obtención de agregados naturales gruesos (NCA) para la producción de concreto, asociada a los problemas ambientales y costos sociales que genera la extracción descontrolada de agregados naturales, llevó a la búsqueda de alternativas viables. Uno de los caminos posibles es reutilizar los residuos de construcción y demolición (RCD) como agregados para incorporarlos a

la producción de hormigón nuevo. Por lo tanto, se implementó una amplia y detallada campaña experimental en el Instituto Superior Técnico (IST), que tuvo como objetivo determinar la viabilidad de incorporar agregados gruesos de concreto y detritos de paredes de ladrillo cerámico, en la producción de un nuevo concreto, con propiedades aceptables para su uso en nuevas estructuras reforzadas y pretensadas. En la campaña experimental se estudiaron diferentes composiciones incorporando porcentajes predeterminados de áridos de hormigón grueso reciclado y partículas de cerámica gruesa reciclada más mortero, y se cuantificaron las principales propiedades mecánicas, de deformabilidad y durabilidad, en comparación con un hormigón de referencia convencional (RC). En este artículo, estos resultados se presentan en términos del rendimiento de durabilidad del hormigón, a saber, la absorción de agua, la carbonatación y la resistencia a la penetración de cloruros.

Singh y Goel, (2020). Estudiaron el efecto de las mezclas binarias y ternarias de cemento sobre las propiedades mecánicas de la muestra de concreto permeable (PC) mediante ensayos destructivos (DT) y no destructivos (NDT). Se han investigado varias combinaciones de cenizas volantes (FA), polvo de piedra caliza (LP), metacaolín (MK) y humo de sílice (SF) como aditivos minerales para reemplazar parcialmente el cemento hasta un 30% en peso en PC. Se prepararon probetas de cubo estándar de tamaño 150 mm × 150 mm × 150 mm de mezclas binarias y ternarias de mezcla mineral de concreto permeable para realizar una prueba estándar de resistencia a la compresión y una prueba de tracción dividida a los 7 y 28 días de curado. La prueba de velocidad de pulso ultrasónico (UPV) y la prueba de martillo de rebote se utilizaron como una herramienta de prueba no destructiva para corroborar la robustez de la PC y determinar las propiedades mecánicas aproximadas donde otras herramientas de prueba destructivas no son factibles en caso de pavimentos permeables en el lugar. En general, se encontró que el concreto permeable hecho con mezclas ternarias basadas en LP (PLM y PLS) se desempeñó mejor que las mezclas ternarias basadas en FA (PFM y PFS) y la mezcla de control (PC) en pruebas destructivas y no destructivas.

Pacheco et al, (2010). Manifiestan que la industria cerámica genera grandes cantidades de desechos de arcilla calcinada cada año. Hasta ahora, una gran parte se utiliza en rellenos sanitarios. Reutilizar estos desechos en concreto podría ser una situación en la que todos salieran ganando. Por un lado, resolviendo el problema de los residuos de la industria cerámica y, al mismo tiempo, conduciendo a una industria del hormigón más sostenible al reducir el uso de recursos no renovables como cemento y agregados y evitar problemas ambientales relacionados con los residuos vertidos en vertederos. Este artículo examina la viabilidad de utilizar residuos cerámicos en hormigón. Los resultados muestran que el concreto con un 20% de reemplazo de cemento, aunque tiene una menor pérdida de resistencia, posee un rendimiento de mayor durabilidad. Los resultados también muestran que las mezclas de concreto con agregados cerámicos funcionan mejor que las mezclas de concreto de control en cuanto a resistencia a la compresión, absorción capilar de agua.

Amin et al, (2020). Afirman que, los avances recientes en el reciclaje han transformado los recursos no renovables en recursos parcialmente renovables. En consonancia con estos avances, la aplicación de desechos, incluida la cerámica, como materiales agregados sustitutos para la construcción ha suscitado un considerable interés en la investigación. Los agregados de desechos cerámicos se pueden utilizar para abordar problemas complejos, como la escasez de materiales en las obras de construcción, y reducir los desechos ambientales. Este estudio tiene como objetivo investigar la efectividad de reemplazar el humo de sílice (SF) y el metacaolín (MK) por cemento para mejorar el concreto de ultra alto desempeño (UHPC) preparado utilizando desechos cerámicos como agregados gruesos. Se diseñaron once mezclas de UHPC con proporciones de 10%, 20% y 30% de SF o MK. Se evaluaron las propiedades frescas, físicas, mecánicas y de microestructura de estas mezclas, y los resultados de las pruebas mostraron que reemplazar el cemento con SF o MK puede mejorar las propiedades mecánicas y físicas del UHPC. El uso de estos residuos como material de construcción producirá importantes beneficios técnicos, económicos y medioambientales, especialmente desde la

perspectiva del desarrollo sostenible. Los resultados mostraron que reemplazar SF o MK es efectivo para mejorar la resistencia de UHPC, particularmente cuando el  $\text{SiO}_2/\text{CaO}$  se aumentó a 2,98. La resistencia a la compresión de 28 días de UHPC con SF aumentó de 133,1 MPa a 146,6 MPa debido a la microestructura mejorada y la matriz más densa.

Valdés et al, (2021). Mencionaron que los residuos de construcción y demolición (RCD) engloba una gran cantidad de residuos, entre los que los materiales cerámicos (principalmente, ladrillos y tejas) son una parte importante ya que, en muchos países de la Unión Europea, representan más del 50% de los residuos. La reutilización de este tipo de residuos es uno de los retos más importantes que afronta el sector de la construcción dentro del paradigma de la economía circular. Este trabajo de investigación aborda una doble reutilización de la fracción cerámica CDW: en primer lugar, como áridos reciclados gruesos y, en segundo lugar, mediante el uso de polvo de ladrillo de arcilla como adición puzolánica al cemento. Así, se produjeron dos mezclas diferentes de hormigón reciclado: (1) con una sustitución parcial del 50% de los agregados gruesos naturales (RC-RA) y (2) con una sustitución del 50% de los agregados gruesos naturales y una sustitución del 25% del cemento Portland ordinario (RC-RAC). El desempeño mecánico (consistencia, densidad y resistencia a la compresión) y propiedades microestructurales como porosidad, análisis de mapeo elemental, productos de hidratación y zonas de transición interfacial (ITZ) fueron evaluados y comparados con un concreto de control (CC). Se reveló que los hormigones reciclados que incorporan cerámica como materiales secundarios tienen un nivel de desempeño comparable al exhibido por el hormigón convencional a los 28 días, en parte por sus características puzolánicas, pero también por una menor relación  $a/c$  efectiva, lo que demuestra su potencial de reutilización y posible contribución a la economía circular.

Tawfik et al, (2020). Manifiestan que la utilización sostenible de los desechos de demolición en la producción de materiales de construcción se considera un enfoque ecoeficiente para la conservación de los recursos naturales, acompañado de la resolución de los problemas ambientales

causados por estos desechos. En consecuencia, la motivación detrás de este trabajo es evaluar el efecto único y combinado de la nano-cerámica de desecho (NWC) y la nano-sílice (NS) en el desempeño del hormigón de cemento Portland. El cemento Portland se reemplazó individualmente por diferentes contenidos de NWC (2–10% en peso) y NS (1–4% en peso). Se diseñó otra mezcla para evaluar el impacto sinérgico de la mezcla NS y NWC (3 y 6% en peso) en el desempeño del concreto. La mecánica (flexión, resistencia a la tracción y a la compresión de división) y ensayos no destructivos (Velocidad de pulso ultrasónico 'UPV') se llevaron a cabo en el control y el hormigón endurecido nano-modificado. Los resultados mostraron que el aumento del contenido de NWC hasta el 6% en peso ha resultado en un incremento notable en las resistencias en todas las edades de curado, seguido de una reducción en las resistencias cuando el contenido de NWC alcanza el 10% en peso. Sin embargo, el uso de NWC al 10% ilustra una ligera mejora en las resistencias en comparación con la muestra de control. En todas las mezclas, las muestras modificadas con nano-sílice demuestran una ligera mejora en las propiedades mecánicas en comparación con NWC. Las propiedades mecánicas más altas acompañadas de las ondas transmitidas más cortas se lograron mediante las muestras endurecidas que tenían la mezcla de 3% en peso de NS y 6% en peso de NWC.

Pacheco et al, (2011). Presentaron un estudio experimental sobre las propiedades y durabilidad del hormigón que contiene residuos cerámicos. Se prepararon varias mezclas de concreto que poseían una resistencia a la compresión media objetivo de 30 MPa con un 20% de reemplazo de cemento por polvo cerámico ( $W/B = 0,6$ ). También se preparó una mezcla de concreto con arena cerámica y agregados de granito, así como una mezcla de concreto con arena natural y agregados cerámicos gruesos ( $W / B = 0.5$ ). El comportamiento mecánico y de durabilidad del hormigón a base de residuos cerámicos se evalúa mediante ensayos mecánicos, comportamiento al agua, permeabilidad, difusión de cloruros y también ensayos de envejecimiento acelerado. Los resultados muestran que el concreto con reemplazo parcial de cemento por polvo cerámico, aunque tiene una menor pérdida de resistencia, posee un rendimiento de mayor durabilidad. Los

resultados también muestran que las mezclas de hormigón con agregados cerámicos se comportan mejor que las mezclas de hormigón de control en cuanto a resistencia a la compresión, absorción de agua por capilaridad, permeabilidad al oxígeno y difusión de cloruro. La sustitución del cemento y los áridos en el hormigón por residuos cerámicos tendrá importantes beneficios medioambientales.

Halicka et al, (2013). Afirmaron que, los residuos de cerámica sanitaria se clasifican como pertenecientes al grupo de residuos industriales no biodegradables. El trabajo presenta los estudios sobre la posible reutilización de residuos sanitarios cerámicos como agregado (tanto fino como grueso) en el hormigón. Se describe el procedimiento de producción de agregados (trituration, división de partículas en dos grupos: partículas finas y gruesas y establecimiento de su proporción) y diseño de la mezcla de hormigón. Se presentan estudios sobre las propiedades de este agregado y las propiedades del hormigón que contiene este agregado. El hormigón ensayado mostró una alta resistencia y una alta resistencia a la abrasión. Este artículo presenta también los resultados del examen de concreto con cemento de alúmina y desechos de cerámica sanitaria como agregado a una temperatura de 1000 ° C. Para fines de comparación, también se calentaron muestras con agregado natural tradicional y cemento de alúmina. A diferencia de las probetas de hormigón con agregado tradicional, las probetas con agregado cerámico conservaron su forma y cohesión y no presentaron grietas ni defectos. A pesar de cierta disminución de la resistencia, estas muestras después del calentamiento continuaron mostrando una alta resistencia a la compresión y a la tracción. Sobre la base de los estudios descritos, se puede recomendar el agregado cerámico sanitario para la preparación de tipos especiales de concreto: concreto resistente a la abrasión y concreto destinado a miembros que trabajen en altas temperaturas.

Fahim et al ,(2020). Este estudio exploró las propiedades reológicas y de estado endurecido del hormigón autocompactante activado por álcali (SCAAC) que incorpora residuos de polvo de baldosas de cerámica (CPW) para actividades de construcción. Se utilizaron como referencia muestras

que contenían 100% de escoria de alto horno triturada (GBFS). Los datos de las pruebas revelaron que el flujo de mini-asentamiento mejoró, mientras que la viscosidad plástica de SCAAC se redujo cuando se mezcló una concentración del 50% o más de CPW con GBFS. Además, el CPW afectó considerablemente la trabajabilidad y la viscosidad plástica cuando se usó en concentraciones más altas. La fuerza disminuyó a medida que aumentó la sustitución de GBFS por CPW. En conclusión, la estructura química, la capacidad y la asimilación de agua de GBFS sustentaron el comportamiento reológico de SCCAC.

Awoyera et al, (2021). El uso de residuos plásticos y cerámicos reciclados en aplicaciones de ingeniería civil, como el desarrollo de compuestos de ingeniería, es una técnica de gestión de residuos más prometedora que el vertido. Este estudio experimental investiga las propiedades de ingeniería del concreto elaborado con desechos de baldosas de cerámica como agregados finos y botellas de tereftalato de polietileno (PET) como fibras. Los residuos cerámicos (CW) se utilizaron en diferentes proporciones de 50% y 100% reemplazando el peso del agregado fino. Se agregaron fibras plásticas en proporciones de 1,5% y 2,5% en peso de hormigón. Las propiedades de ingeniería consideradas incluyen el estado fresco, la mecánica y la absorción de agua. Las propiedades de microescala y mineralogía del material compuesto se determinaron utilizando microscopía electrónica de barrido y difractorómetro de rayos X, respectivamente. El resultado mostró que la incorporación de fibras plásticas y residuos cerámicos resultó en una disminución en el valor de asentamiento, por lo tanto, una reducción en la trabajabilidad del hormigón fresco. La muestra de hormigón con un 100% de áridos cerámicos finos y un 2,5% de fibras plásticas consiguió la mayor resistencia a la compresión. La resistencia a la tracción aumentó con el aumento de la edad de curado. En general, la resistencia a la tracción del hormigón se incrementó hasta en un 45% mediante la inclusión de un 100% de agregados de cerámica fina y un 2,5% de fibras plásticas. La absorción de agua del hormigón disminuyó al aumentar el contenido de cerámica y fibra plástica. La resistencia a la tracción aumentó con el aumento de la edad de curado. En general, la

resistencia a la tracción del hormigón se incrementó hasta en un 45% mediante la inclusión de un 100% de agregados de cerámica fina y un 2,5% de fibras plásticas. La absorción de agua del hormigón disminuyó al aumentar el contenido de cerámica y fibra plástica. La resistencia a la tracción aumentó con el aumento de la edad de curado. En general, la resistencia a la tracción del hormigón se incrementó hasta en un 45% mediante la inclusión de un 100% de agregados de cerámica fina y un 2,5% de fibras plásticas. La absorción de agua del hormigón disminuyó al aumentar el contenido de cerámica y fibra plástica.

Chandru et al, (2018). La sobreexplotación de los recursos naturales para la construcción está amenazando la sostenibilidad de las arenas y gravas naturales, lo que tiene como resultado una serie de graves consecuencias. Por otro lado, la eliminación de desechos industriales en la tierra causa graves problemas ambientales y también contamina la tierra. Muchos investigadores de todo el mundo están prosperando para verter eficazmente los desechos industriales en el campo de la construcción para gestionar los desechos industriales sólidos y también para minimizar la explotación de los recursos naturales. En este artículo se discuten los diversos intentos que han realizado las investigaciones en hormigón autocompactante (SCC) utilizando residuos industriales como sustituto de los materiales de hormigonado convencionales y su efecto en las propiedades de resistencia y durabilidad del hormigón autocompactante.

Pitarch et al, (2019). En este documento, se utilizaron residuos de baldosas cerámicas (TCW), ladrillos de arcilla roja (RCB) y sanitarios cerámicos (CSW) como reemplazo parcial (14-30% en peso) de agregados de piedra caliza natural para producir hormigón estructural. Se caracterizaron los áridos naturales y reciclados, y se investigó la resistencia y densidad del hormigón endurecido después de 7 y 28 días de curado a temperatura ambiente. El hormigón TCW obtuvo los mejores resultados de resistencia a la compresión (ganancia de resistencia de hasta 7% con 20% en peso de desperdicio después de 28 días de curado). Las propiedades mecánicas del concreto reciclado CSW fueron similares a las de las muestras tradicionales y disminuyeron ligeramente con el tiempo de curado y la sustitución de



agregados, con una pérdida de resistencia máxima de 5.77% para el reemplazo del 30% en peso. Aunque el hormigón RCB presentó la mayor pérdida de resistencia (hasta 18,4% después de 7 días de curado). mostró la mejor mejora de la resistencia con el tiempo de curado, lo que resultó en una pérdida de resistencia de sólo el 11% en los hormigones de RCB al 30% en peso curados durante 28 días. Estos resultados demuestran la viabilidad de usar TCW y CSW como agregados reciclados en la producción de concreto estructural sin afectar significativamente la resistencia a la compresión del concreto reciclado desarrollado.

Huang et al, (2009). Se realizaron pruebas de laboratorio para evaluar la viabilidad de incorporar chatarra de cerámica cocida, un material cerámico de desecho de la fabricación de automóviles, en el material del pavimento. En este estudio, se agregaron desechos de cerámica triturados al concreto de cemento Portland (PCC) y al asfalto de mezcla en caliente (HMA) para reemplazar los agregados finos. Los resultados de este estudio indicaron que los desechos de cerámica cocidos pueden usarse potencialmente en la mezcla de concreto de cemento Portland y HMA. La resistencia a la compresión del PCC se mejoró agregando chatarra triturada. Sin embargo, debido a la alta absorción de agua de la chatarra triturada, se recomienda que el contenido de chatarra triturada sea inferior al 10% y se recomienda un aditivo reductor de agua para proporcionar una trabajabilidad adecuada. Para el HMA, los resultados de la prueba indicaron que la adición de una cierta cantidad (hasta un 15% en peso) de chatarra molida mejoró la resistencia total del aglomerante a la deformación. El módulo dinámico, el índice de flujo y la resistencia a la tracción indirecta de la mezcla de HMA se mejoraron mediante la adición de "relleno" hecho de chatarra molida. Se recomendó un contenido de "relleno" del 2,5% para una mezcla de superficie de HMA de grado denso.

Senthamarai et al, (2011). El hormigón que contiene productos de desecho como agregado se denomina hormigón "verde". El uso de residuos peligrosos en la fabricación de hormigón dará lugar a un entorno ecológico y una tecnología de hormigón sostenible, por lo que dicho hormigón también puede denominarse hormigón "verde". El hormigón elaborado con

residuos de aislante eléctrico cerámico como agregado grueso muestra buena trabajabilidad, resistencia a la compresión, tracción y flexión y módulo de elasticidad. Además, el estudio de su durabilidad garantizará una mayor fiabilidad en su uso. Los caracteres de permeación se utilizan ampliamente para cuantificar las propiedades de durabilidad del hormigón. Este artículo presenta una investigación experimental sobre las características de permeación [volumen de huecos y absorción de agua (ASTM C642-06). penetración de cloruros (ASTM C1202-10). y sorción] de hormigón con aislante eléctrico cerámico residuo de árido grueso (en adelante denominado hormigón de árido reciclado) de seis relaciones agua-cemento distintas en comparación con las correspondientes mezclas de hormigón convencionales. De los resultados se ha observado que no hay un cambio significativo en la tendencia básica de las características de permeación de este hormigón agregado reciclado en comparación con el hormigón convencional. Este hormigón de áridos reciclados posee valores característicos de permeabilidad superiores a los del hormigón convencional. Estos valores disminuyen con la disminución de la relación agua-cemento tanto para el concreto de agregado reciclado como para el concreto convencional. De los resultados se ha observado que no hay un cambio significativo en la tendencia básica de las características de permeación de este hormigón agregado reciclado en comparación con el hormigón convencional. Este hormigón de áridos reciclados posee valores característicos de permeabilidad superiores a los del hormigón convencional. Estos valores disminuyen con la disminución de la relación agua-cemento tanto para el concreto de agregado reciclado como para el concreto convencional. De los resultados se ha observado que no hay un cambio significativo en la tendencia básica de las características de permeación de este hormigón agregado reciclado en comparación con el hormigón convencional. Este hormigón de áridos reciclados posee valores característicos de permeabilidad superiores a los del hormigón convencional. Estos valores disminuyen con la disminución de la relación agua-cemento tanto para el concreto de agregado reciclado como para el concreto convencional.

Senthamarai y Devadas, (2005). Mencionaron que, el uso de desechos industriales peligrosos en la fabricación de hormigón conducirá a un medio ambiente más ecológico. En la industria cerámica, alrededor del 30% de la producción se destina a residuos, que en la actualidad no se reciclan. En este estudio se ha intentado encontrar la idoneidad de los residuos industriales cerámicos como posible sustituto del árido grueso de piedra triturada convencional. Se llevaron a cabo experimentos para determinar las resistencias a compresión, rotura, tracción y flexión y el módulo de elasticidad del hormigón con árido grueso residual cerámico y compararlos con los del hormigón convencional elaborado con árido grueso de piedra triturada. También se compararon las propiedades de los agregados. Los resultados de las pruebas indican que la trabajabilidad del hormigón de agregado grueso de residuos cerámicos es buena y las características de resistencia son comparables a las del hormigón convencional.

Alves et al, (2014). Evaluaron el efecto de la incorporación de áridos finos cerámicos reciclados, obtenidos a partir de ladrillos triturados y sanitarios triturados, sobre las propiedades mecánicas del hormigón. Se investigaron y discutieron los efectos de dicha incorporación en propiedades tales como resistencia a la compresión, resistencia a la tracción por división, módulo de elasticidad y resistencia a la abrasión. Se moldearon siete mezclas de concreto diferentes para probar estas propiedades endurecidas: un concreto de referencia convencional y seis mezclas de concreto con proporciones de reemplazo del 20%, 50% y 100% de agregados finos naturales por agregados finos de ladrillo reciclado o agregados finos para sanitarios reciclados. Todas las mezclas se prepararon con la misma trabajabilidad y la misma gradación de tamaño de agregados para permitir una comparación válida de los resultados. Los resultados obtenidos muestran que el hormigón con ladrillos triturados reciclados presenta un comportamiento estructural adecuado. Por el contrario, el hormigón con sanitarios reciclados se comportó mal en comparación con el hormigón de referencia, aunque esta limitación puede compensarse con el uso de superplastificantes.

López, et al, (2019). En aplicaciones estructurales, las deformaciones a largo plazo del hormigón son particularmente importantes. El objetivo de este

estudio es analizar las deformaciones producidas por retracción y fluencia en hormigones en los que tanto la fracción fina como la gruesa han sido sustituidas por áridos de ladrillo reciclado (RBA). y evaluar su uso en aplicaciones estructurales. Los porcentajes de sustitución de los áridos naturales por RBA fueron 20, 35, 50, 70 y 100%. Las deformaciones se midieron durante 400 días. Los resultados muestran un fuerte aumento en los valores de contracción y ligeras variaciones en la fluencia, aunque con sustituciones de RBA de hasta el 20%, las deformaciones a largo plazo no superan los valores habituales.

Meng et al, (2018). Las preocupaciones ambientales relacionadas con la eliminación de diversos materiales de desecho han aumentado a un nivel preocupante. Dependiendo de las industrias locales, cada año se generan diferentes tipos de residuos en grandes cantidades. Por lo tanto, la demanda de un desarrollo más sostenible ha aumentado aún más la importancia de la construcción ecológica. En los últimos años, se han realizado extensos esfuerzos de estudio para reciclar residuos para su posible uso en la producción de productos de hormigón. Esto se debe a que los bloques de hormigón parecen ser la opción más popular para la incorporación de materiales de desecho reciclados debido a los menores requisitos de calidad de los materiales. Este artículo revisa trabajos de investigación publicados sobre el uso de varios tipos de desechos (es decir, concreto reciclado, ladrillo triturado, vidrio de cal sodada, vidrio de tubo de rayos catódicos, caucho en migajas, desechos de cerámica y baldosas, etc.) en la producción de bloques de hormigón. En este documento se destacan y analizan las propiedades comunes de los bloques de hormigón, así como las propiedades de valor añadido de los bloques de hormigón con materiales de desecho incorporados. Varias características únicas del caucho molido reciclado, los desechos plásticos y el ladrillo triturado mejoran la resistencia al fuego, la tenacidad y las propiedades funcionales y de aislamiento de los bloques de hormigón. Además, la cantidad de estos materiales incorporados en bloques de concreto se puede maximizar hasta en un 100% como reemplazos de agregados naturales, mientras que su uso también puede limitarse a menos del 30% en ciertas aplicaciones para cumplir con los requisitos estándar de

los bloques de concreto. El cumplimiento de los bloques de hormigón con los requisitos estándar y las propiedades de valor agregado han demostrado un buen potencial para incorporar residuos como agregados en los bloques de hormigón.

Khatib ,(2005). Investigó las propiedades del hormigón que contiene áridos finos reciclados. El agregado reciclado consistió en hormigón triturado (CC) o ladrillo triturado (CB) con partículas de menos de 5 mm de diámetro. La relación agua libre / cemento se mantuvo constante para todas las mezclas. El agregado fino en el concreto se reemplazó con 0%, 25%, 50% y 100% CC o CB. Generalmente, hay una reducción de la resistencia del 15 al 30% para el concreto que contiene CC. Sin embargo, el hormigón que incorpora hasta un 50% de CB presenta una resistencia a largo plazo similar a la del control. Incluso con un reemplazo del 100% del agregado fino con CB, la reducción de la resistencia es solo del 10%. Más allá de los 28 días de curado, la tasa de desarrollo de resistencia en el concreto que contiene CC o CB es más alta que la del control, lo que indica una acción cementante adicional en presencia de agregado fino reciclado.

Alves et al, (2014). El objetivo de esta investigación es evaluar el efecto de la incorporación de áridos finos cerámicos reciclados, obtenidos a partir de ladrillos y sanitarios triturados, sobre las propiedades mecánicas del hormigón. Se investigaron y discutieron los efectos de dicha incorporación en propiedades tales como resistencia a la compresión, resistencia a la tracción por división, módulo de elasticidad y resistencia a la abrasión. Se moldearon siete mezclas de concreto diferentes para probar estas propiedades endurecidas: un concreto de referencia convencional y seis mezclas de concreto con proporciones de reemplazo del 20%, 50% y 100% de agregados finos naturales por agregados finos de ladrillo reciclado o agregados finos para sanitarios reciclados. Todas las mezclas se prepararon con la misma trabajabilidad y la misma gradación de tamaño de agregados para permitir una comparación válida de los resultados. Los resultados obtenidos muestran que el hormigón con ladrillos triturados reciclados presenta un comportamiento estructural adecuado. Por el contrario, el hormigón con sanitarios reciclados se comportó mal en comparación con el

hormigón de referencia, aunque esta limitación puede compensarse con el uso de superplastificantes.

Siddique et al, (2018). Este artículo examina las propiedades mecánicas y de resistencia al impacto del hormigón que incorpora agregado cerámico de porcelana fina. Se prepararon tres mezclas de concreto diferentes con diferentes proporciones de agua a aglutinante que contenían diferentes sustituciones (0%, 20%, 40%, 60%, 80% y 100%) de agregado cerámico de porcelana fina como agregado fino. Las propiedades mecánicas tales como resistencia a la compresión, fractura resistencia a la tracción, flexión fuerza y módulo de elasticidad se evaluaron. La resistencia al impacto del hormigón que contiene un 40% de agregado cerámico de porcelana fina se midió mediante una prueba de caída de peso y una prueba de rebote. La microestructura de las mezclas de hormigón se examinó mediante un microscopio electrónico de barrido. La inclusión de agregado cerámico de porcelana fina en el concreto conduce a una mayor resistencia mecánica y propiedades de resistencia al impacto. La microestructura del hormigón de agregado cerámico de porcelana fina mostró una formación mejorada de productos de hidratación.

Rashid et al, (2017). Esta investigación experimental y analítica se realiza para desarrollar un hormigón reciclado sostenible mediante la incorporación de residuos cerámicos como agregado grueso. Para lograr el objetivo diseñado, el agregado convencional se reemplaza por diferentes cantidades de agregado de desecho cerámico. Se evalúan las propiedades frescas y endurecidas del hormigón de áridos de desecho convencional y cerámico. Los impactos ambientales también se consideran en términos de huellas de CO<sub>2</sub> y consumo de volumen de materias primas por el hormigón. Se propone modelo interfacial a nivel micro para evaluar el comportamiento de residuos cerámicos y agregados convencionales con pasta de cemento hidratada. Finalmente, se selecciona el hormigón sostenible que tiene el mejor comportamiento con respecto a la resistencia a la compresión e impactos ambientales. Se concluye que el 30% de reemplazo parcial del agregado de desechos cerámicos con agregado convencional proporciona la mayor resistencia a la compresión, menos impactos ambientales y se

selecciona como concreto sostenible, lo cual también se verifica mediante el proceso de jerarquía analítica (AHP) y la técnica de preferencia de orden por similitud con solución ideal (TOPSIS).

Aghayan, (2021). Este estudio se centró en la evaluación del ciclo de vida medioambiental del pavimento de hormigón compactado con rodillos (RCCP) que contiene áridos de residuos cerámicos y polvo de residuos de carbón. Además, se probaron las propiedades mecánicas y de durabilidad de RCCP. Se utilizaron 10, 15, 20 y 25% de áridos residuales cerámicos, por peso de áridos gruesos, como sustitutos de los áridos naturales. Además, se utilizó polvo de desecho de carbón en la mezcla a niveles de reemplazo de 4 y 8% en peso de cemento. Los resultados mostraron que el uso de residuos cerámicos como agregados aumentó el tiempo de compactación vibratoria de las mezclas frescas al tiempo que disminuyó su densidad. Además, el polvo residual de carbón redujo el tiempo de compactación vibratoria de las mezclas de RCCP. El método de evaluación del ciclo de vida mostró que el uso de estos materiales redujo los gases de efecto invernadero, y el 15% de los residuos cerámicos agregados y el 8% de los residuos de carbón en polvo redujeron los gases de efecto invernadero en un 10%. Además, esta combinación de agregado de desechos cerámicos y polvo de desechos de carbón mostró el mayor impacto positivo en el índice de calentamiento global, reduciéndose en un 9%. Además, el análisis microestructural del hormigón se realizó mediante imágenes SEM y se midió la durabilidad del RCCP. Los resultados mostraron que después de reemplazar el 15% de los agregados naturales con desechos cerámicos, las resistencias a la compresión, a la tracción y a la flexión de 90 días aumentaron en un 14, 39% y 20%, respectivamente. Además, el uso de agregados de desechos cerámicos aumentó la durabilidad del concreto después de un tiempo de curado de 90 días. En general, el uso de estos materiales de desecho en RCCP no sólo puede reducir las emisiones y los problemas de calentamiento global, sino que también puede mejorar las propiedades mecánicas de RCCP y reciclar muchos materiales de desecho.

Cantero et al, (2019). Disociar el crecimiento económico del uso de recursos naturales es imperativo para el desarrollo sostenible de la industria de la

construcción. El uso de materias primas secundarias mediante el procesamiento y la gestión de residuos de construcción y demolición (C&DW) es uno de los principales desafíos para la transición a una economía circular. Este estudio evaluó el efecto de usar simultáneamente cemento agregado con la fracción cerámica (a base de arcilla cocida) de C&DW y agregado mixto reciclado (RMA) en la fabricación de concreto mediante el análisis de la trabajabilidad del concreto fresco, la densidad y el contenido de aire y el concreto endurecido por compresión, flexión y partición. Fuerza de Tensión. Se realizaron análisis de regresión y varianza de los hallazgos para determinar el efecto del RMA y el tipo de cemento y su interacción sobre las variables dependientes. Se observó que el porcentaje de RMA es el determinante más significativo para la densidad del hormigón y el contenido de aire. La resistencia a la compresión a una edad temprana se vio afectada por el tipo de cemento, aunque la resistencia en los materiales de la edad posterior fue comparable a la del hormigón fabricado con cemento convencional. El efecto combinado del tipo de cemento y el porcentaje de RMA no pareció tener un efecto significativo sobre la resistencia a la tracción o flexión. Por el contrario, las diferencias observadas en estas propiedades se debieron al efecto separado de cada factor. Los hallazgos mostraron que el uso de cemento que contiene adiciones de C&DW y hasta un 50% de RMA no comprometió sustancialmente el desempeño del concreto. aunque la resistencia en los materiales de la edad posterior era comparable a la del hormigón fabricado con cemento convencional. El efecto combinado del tipo de cemento y el porcentaje de RMA no pareció tener un efecto significativo sobre la resistencia a la tracción o flexión. Por el contrario, las diferencias observadas en estas propiedades se debieron al efecto separado de cada factor. Los hallazgos mostraron que el uso de cemento que contiene adiciones de C&DW y hasta un 50% de RMA no comprometió sustancialmente el desempeño del concreto. aunque la resistencia en los materiales de la edad posterior era comparable a la del hormigón fabricado con cemento convencional. El efecto combinado del tipo de cemento y el porcentaje de RMA no pareció tener un efecto significativo sobre la resistencia a la tracción o flexión. Por el contrario, las diferencias



observadas en estas propiedades se debieron al efecto separado de cada factor. Los hallazgos mostraron que el uso de cemento que contiene adiciones de C&DW y hasta un 50% de RMA no comprometió sustancialmente el desempeño del concreto.

Manzi et al, (2013). El reciclaje de residuos de construcción de hormigón es una forma prometedora hacia la construcción sostenible. Los agregados de hormigón reciclado grueso se han estudiado ampliamente en los últimos años, sin embargo, sólo se han reportado pocos datos sobre el uso de agregados reciclados finos. Además, cabe señalar la falta de datos fiables sobre las propiedades a largo plazo del hormigón de áridos reciclados. En este artículo se investigan los efectos de los agregados de hormigón reciclado tanto finos como gruesos sobre las propiedades mecánicas y físicas a corto y largo plazo del nuevo hormigón estructural. Las mezclas de hormigón estudiadas han sido diseñadas ajustando y seleccionando el contenido y distribución granulométrica de los residuos de hormigón con el objetivo de obtener una resistencia a la compresión media-alta con un alto contenido de áridos reciclados (que van del 27% al 63,5% de la cantidad total de áridos). Las propiedades dependientes del tiempo, como la contracción y la fluencia, combinadas con las mediciones de porosidad y las investigaciones mecánicas se informan como características fundamentales para evaluar el comportamiento estructural del hormigón.

González et al, (2008). El objetivo de este trabajo es aportar nuevos datos relacionados con el campo del hormigón reciclado en España. En consonancia con ello, se han establecido varios procedimientos a partir de los cuales se han extraído conclusiones sobre la idoneidad o no idoneidad de los áridos reciclados en España. Se llevaron a cabo pruebas estándar para determinar la densidad, absorción de agua, clasificación, índice de forma, índice de descamación y resistencia a la fragmentación. Posteriormente, se definieron parámetros de proporción para el desempeño promedio del concreto fresco y duro elaborado con estos agregados. Estos parámetros se utilizaron para producir hormigón convencional (CC) y hormigón convencional con humo de sílice (CCS). Luego, las mezclas se ajustaron para la producción de hormigón reciclado (RC) y hormigón reciclado con

humo de sílice (RCS). ambos con un 50% de agregados gruesos reciclados. Se realizaron pruebas para determinar las propiedades, tanto físicas (densidad y absorción de agua) como mecánicas (resistencia a la rotura por compresión y tracción y módulo de elasticidad estático).

Liu et al, (2016). Aclaramos los efectos del concreto base y el enfoque de mezcla utilizado en la resistencia al congelamiento / descongelamiento del concreto agregado reciclado con aire incorporado (ARAC). Se utilizaron tres hormigones sin aire incorporado y uno con aire incorporado para preparar muestras de agregado grueso reciclado (RCA). También se investigaron tres enfoques de mezcla. Las resistencias a las heladas de las muestras ARAC producidas utilizando un RCA obtenido a partir del hormigón no incorporado con aire de alta resistencia, así como el incorporado por aire, fueron cercanas a las del hormigón convencional. El método de mezcla utilizado no tuvo ningún efecto sobre la resistencia a las heladas. Se propone un posible mecanismo para el fallo de ARAC.

Subaşı et al, (2017). El uso de materiales de relleno más finos que 0,125 mm es bastante efectivo sobre las propiedades en estado fresco, la resistencia y la durabilidad de los hormigones autocompactantes. Los materiales de relleno más comunes utilizados en los hormigones autocompactantes son minerales, cementos mezclados y puzolanas naturales o artificiales. En este estudio, se investigó la usabilidad del polvo cerámico residual granulado como material de relleno en hormigones autocompactantes. Propiedades de los hormigones autocompactantes producidos con 550 kg / m<sup>3</sup> Se sustituyó la dosificación y el cemento por (WCP) en las cantidades de 5%, 10%, 15% y 20% (en peso) que se determinaron en las fases fresca y endurecida. Como resultado, se determina que el uso de WCP tiene algún efecto positivo sobre la viscosidad de las mezclas. Sin embargo, se observó una leve disminución en los valores de resistencia basados en la sustitución del cemento por polvo cerámico. Se puede concluir que los WCP finamente molidos podrían evaluarse hasta en un 15% para la producción de hormigones autocompactantes como material de relleno si los parámetros de resistencia y fluidez se evalúan juntos.

Sáez del Bosque et al, (2017). Los hormigones que contienen agregado reciclado mixto (RA) tienen un número mayor de zonas de transición interfacial (ZTI) de agregado grueso / pasta que los hormigones convencionales, debido a los diversos materiales componentes presentes en el agregado reciclado. Este estudio investigó las propiedades de varias ITZ de RA / pasta en hormigón utilizando nanoindentación y microscopía electrónica de barrido (SEM) y analizó el posible impacto de las propiedades de las ITZ en el comportamiento macro mecánico del hormigón reciclado. Se encontró que el elástico de la ITZ varía con el tipo de materiales constituyentes presentes en el agregado reciclado, y las ITZ asociadas con componentes orgánicos (por ejemplo, madera, plástico y asfalto) exhiben valores de módulo elástico mínimo más bajos. El impacto de las propiedades de la ITZ sobre las propiedades macro mecánicas del hormigón depende del contenido relativo de los diferentes materiales constituyentes presentes en el agregado reciclado y de las propiedades micromecánicas de las ITZ involucradas.

Cantero et al (2018). El agregado reciclado mixto obtenido de residuos procesados de construcción y demolición representa la mayor parte del agregado reciclado producido en todo el mundo. El uso eficiente y apropiado de estos nuevos recursos ayudará a reducir y enfrentar los principales problemas ambientales que enfrenta el modelo de crecimiento económico actual. La investigación discutida en este artículo evaluó el desempeño de hormigones estructurales que contienen 20%, 25%, 50%, 75% o 100% de agregado grueso reciclado mezclado, analizando la trabajabilidad del concreto fresco, la densidad y el contenido de aire y el concreto endurecido por compresión, flexión y tracción por división. fuerza. Un análisis de varianza (ANOVA) realizado sobre los hallazgos para determinar el efecto de los factores en las variables mostró que la edad de curado y el porcentaje de agregado reciclado tuvieron un impacto estadísticamente significativo en el desempeño del concreto. La disminución de la resistencia en relación con el hormigón convencional fue menor en edades de curado más largas. Los hormigones que contenían hasta un 50% de áridos reciclados mostraron caídas en el rendimiento del 10% o

menos en la mayoría de las propiedades estudiadas, incluso en edades avanzadas. A la luz de los presentes hallazgos, los agregados reciclados mixtos utilizados en esta investigación pueden considerarse aptos para su uso en hormigón estructural con una resistencia característica de hasta 30 MPa.

Liu, et al (2015). La arena mixta de cerámica reciclada (RCMS) se obtuvo reemplazando parcialmente la arena ultrafina con arena gruesa de cerámica reciclada (RCCS). Se investigaron los efectos de la tasa de reemplazo de RCCS sobre la densidad aparente, la trabajabilidad, la resistencia a la compresión y la resistencia a la tracción por rotura del hormigón cerámico reciclado (RCC). Además, también se estudió la relación entre la relación agua-cemento y la resistencia a la compresión del RCC. Los resultados experimentales indican que la reutilización de áridos cerámicos reciclados puede mejorar la cohesión y la retención de agua del hormigón fresco y beneficiar el desarrollo de propiedades mecánicas. Cuando la tasa de reemplazo de RCCS no es menor al 40%, las propiedades mecánicas del RCC son superiores a las del hormigón de referencia. Además, cuando la arena media cerámica reciclada se utilizó completamente como agregado fino, Se obtuvieron los incrementos máximos tanto en la resistencia a la compresión como en la resistencia a la tracción por división, comparando con los del hormigón de referencia, la relación de incremento fue de 19,85% y 32,73%, respectivamente. El análisis microscópico muestra que el uso de agregado cerámico reciclado puede mejorar claramente la estructura de la zona de transición interfacial (ITZ) y aumentar el grado de compactación de la pasta de cemento. Además, una expresión de la resistencia a la compresión de RCC y la relación cemento-agua se retrocede y adquiere una buena relatividad lineal. Es una forma eficaz de reciclar los residuos cerámicos, y el consumo de áridos cerámicos reciclados podría llegar al 26,9% al 47,6% del peso total de áridos en la producción de hormigón. el índice de incremento fue de 19,85% y 32,73%, respectivamente. El análisis microscópico muestra que el uso de agregado cerámico reciclado puede mejorar claramente la estructura de la zona de transición interfacial (ITZ) y aumentar el grado de compactación de la pasta de cemento. Además, una

expresión de la resistencia a la compresión de RCC y la relación cemento-agua se retrocede y adquiere una buena relatividad lineal. Es una forma eficaz de reciclar los residuos cerámicos, y el consumo de áridos cerámicos reciclados podría llegar al 26,9% al 47,6% del peso total de áridos en la producción de hormigón. el índice de incremento fue de 19,85% y 32,73%, respectivamente. El análisis microscópico muestra que el uso de agregado cerámico reciclado puede mejorar claramente la estructura de la zona de transición interfacial (ITZ) y aumentar el grado de compactación de la pasta de cemento. Además, una expresión de la resistencia a la compresión de RCC y la relación cemento-agua se retrocede y adquiere una buena relatividad lineal. Es una forma eficaz de reciclar los residuos cerámicos, y el consumo de áridos cerámicos reciclados podría llegar al 26,9% al 47,6% del peso total de áridos en la producción de hormigón. una expresión de la resistencia a la compresión de RCC y la relación cemento-agua retrocede y adquiere una buena relatividad lineal. Es una forma eficaz de reciclar los residuos cerámicos, y el consumo de áridos cerámicos reciclados podría llegar al 26,9% al 47,6% del peso total de áridos en la producción de hormigón. una expresión de la resistencia a la compresión de RCC y la relación cemento-agua retrocede y adquiere una buena relatividad lineal. Es una forma eficaz de reciclar los residuos cerámicos, y el consumo de áridos cerámicos reciclados podría llegar al 26,9% al 47,6% del peso total de áridos en la producción de hormigón.

Vishnu y Lakshman (2021). En este artículo se describen las diversas formas en las que grandes volúmenes de residuos procedentes de zonas urbanas y semiurbanas pueden reutilizarse de forma óptima como aditivo en la construcción de pavimentos bituminosos. Muestra que diferentes materiales de desecho como llantas de desecho, desechos plásticos, vidrio, desechos de carbón, cenizas volantes, desechos de concreto, desechos de madera, etc. pueden reutilizarse de manera efectiva en la construcción de pavimentos bituminosos. En países como India, los desechos derivados de diversas fuentes generalmente se incineran, se queman al aire libre, se vierten en cuerpos de agua, se eliminan en vertederos o en el suelo y se descargan en alcantarillas. Esto muestra el potencial de que los desechos se utilicen como

material de construcción en el desarrollo de pavimentos en países en desarrollo como India, donde el consumo es mayor y la disponibilidad de espacio para la eliminación es menor. Es más, la necesidad de una utilización eficaz de la energía y el cambio climático global han hecho que sea obligatorio reducir la contaminación y aumentar el reciclaje y la reutilización. Por lo tanto, para satisfacer las normas ambientales, estas prácticas deben introducirse en situaciones de ingeniería civil. Este trabajo evalúa las diversas aplicaciones de los residuos sólidos en la ingeniería de pavimentos sustentables y revisa los trabajos existentes sobre la reutilización de residuos sólidos como material de construcción de carreteras y su sustentabilidad. Se realizó una evaluación del ciclo de vida (ACV) para evaluar el impacto ambiental de los residuos sólidos como material de construcción. Este trabajo evalúa las diversas aplicaciones de los residuos sólidos en la ingeniería de pavimentos sustentables y revisa los trabajos existentes sobre la reutilización de residuos sólidos como material de construcción de carreteras y su sustentabilidad. Se realizó una evaluación del ciclo de vida (ACV) para evaluar el impacto ambiental de los residuos sólidos como material de construcción. Este trabajo evalúa las diversas aplicaciones de los residuos sólidos en la ingeniería de pavimentos sustentables y revisa los trabajos existentes sobre la reutilización de residuos sólidos como material de construcción de carreteras y su sustentabilidad. Se realizó una evaluación del ciclo de vida (ACV) para evaluar el impacto ambiental de los residuos sólidos como material de construcción. Los principales hallazgos de este estudio revelan que los residuos sólidos obtenidos de diversas fuentes podrían incorporarse eficazmente a los materiales de construcción en forma de agregado, fibra de refuerzo, material de relleno, aditivo, etc. En resumen, el estudio nos orienta en la adopción de materiales estables y ecológicos. opciones de convertir los desechos en materiales de construcción de carreteras superiores y respetuosos con el medio ambiente. Además de ser una carga menor para el medio ambiente, esta práctica proporciona una mejora satisfactoria en la resistencia y durabilidad de los pavimentos y también ayuda a reducir la energía y el costo total, demostrando ser una opción muy útil y eficaz para todos los trabajos relacionados con el pavimento.

Rughooputh et al (2017). En Mauricio, alrededor del 1-4% del volumen total de hormigón producido en una planta de procesamiento por lotes resulta en desperdicio. Los vertederos son cada vez más escasos y el transporte de los desechos a los vertederos es costoso. En este trabajo se destaca el posible uso de Residuos de Hormigón Fresco (FCW) para disminuir sus posibles impactos sobre el medio ambiente y como estrategia de gestión de residuos sólidos. El 10%, 15%, 20% y 30% del contenido total de agregados de las respectivas mezclas de concreto fueron sustituidos por FCW. La resistencia a la compresión, el módulo de elasticidad y la resistencia a la flexión de las mezclas de concreto modificado disminuyeron con el aumento del contenido de FCW. Sin embargo, se observó que con un 10% de reemplazo del FCW, una resistencia a la compresión de  $22 \text{ N / mm}^2$  se registró a los 28 días. Para el mismo reemplazo, se observaron ligeras disminuciones para la densidad plástica, el módulo de elasticidad y la resistencia a la flexión, respectivamente. Por lo tanto, la sustitución del 10% de FCW se puede utilizar para cegar hormigón en capas, bordillos y aceras, donde normalmente se utiliza hormigón con una resistencia a la compresión de  $20 \text{ N / mm}^2$ .

Ghani et al, (2020). El aumento de la demanda de hormigón debido a la rápida industrialización y urbanización puede provocar una escasez de recursos naturales. Por lo tanto, el uso de material reciclado en la dosificación de hormigón será útil para satisfacer las demandas de la época sin comprometer la calidad de la producción de hormigón. Uno de esos materiales de desecho producido en Pakistán es el polvo de mármol de desecho (WMP) que se genera en las fábricas de mármol durante el corte de las piedras de mármol, que a su vez tienen un efecto dañino sobre el medio ambiente. Este estudio se basa en la utilización de WMP como un sustituto parcial de la arena en la producción de hormigón y sus diversos efectos sobre las propiedades mecánicas del hormigón. Se llevaron a cabo diferentes tipos de pruebas (peso unitario, trabajabilidad, resistencia a la compresión, resistencia a la tracción por división y penetración del agua) al 0-80% de arena reemplazada por WMP, en incrementos del 20%. En todas las mezclas, la proporción de agua a cemento se mantuvo constante y se

estudiaron los efectos de las condiciones de curado a los 14, 28 y 70 días. Se observó que con la incorporación de WMP, la trabajabilidad y el peso unitario del concreto disminuyen proporcionalmente al porcentaje de reemplazo, mientras que las propiedades mecánicas del concreto aumentan hasta cierto porcentaje y luego disminuyen. La mejora máxima en la resistencia a la compresión se logró con un reemplazo del 40%, con una ligera mejora en la resistencia a la tracción con un reemplazo del 20%. La prueba de penetración de agua reveló una disminución de la permeabilidad con el aumento del porcentaje de WMP. Con base en los resultados, se recomendó usar WMP hasta un 40% en la mezcla de concreto como reemplazo de la arena. la relación agua / cemento se mantuvo constante y se estudiaron los efectos de las condiciones de curado a los 14, 28 y 70 días. Se observó que con la incorporación de WMP, la trabajabilidad y el peso unitario del concreto disminuyen proporcionalmente al porcentaje de reemplazo, mientras que las propiedades mecánicas del concreto aumentan hasta cierto porcentaje y luego disminuyen. La mejora máxima en la resistencia a la compresión se logró con un reemplazo del 40%, con una ligera mejora en la resistencia a la tracción con un reemplazo del 20%. La prueba de penetración de agua reveló una disminución de la permeabilidad con el aumento del porcentaje de WMP. Con base en los resultados, se recomendó usar WMP hasta un 40% en la mezcla de concreto como reemplazo de la arena. la relación agua / cemento se mantuvo constante y se estudiaron los efectos de las condiciones de curado a los 14, 28 y 70 días. Se observó que con la incorporación de WMP, la trabajabilidad y el peso unitario del concreto disminuyen proporcionalmente al porcentaje de reemplazo, mientras que las propiedades mecánicas del concreto aumentan hasta cierto porcentaje y luego disminuyen. La mejora máxima en la resistencia a la compresión se logró con un reemplazo del 40%, con una ligera mejora en la resistencia a la tracción con un reemplazo del 20%. La prueba de penetración de agua reveló una disminución de la permeabilidad con el aumento del porcentaje de WMP. Con base en los resultados, se recomendó usar WMP hasta un 40% en la mezcla de concreto como reemplazo de la arena. Se observó que con la incorporación de WMP, la trabajabilidad y el peso unitario del concreto disminuyen proporcionalmente



al porcentaje de reemplazo, mientras que las propiedades mecánicas del concreto aumentan hasta cierto porcentaje y luego disminuyen. La mejora máxima en la resistencia a la compresión se logró con un reemplazo del 40%, con una ligera mejora en la resistencia a la tracción con un reemplazo del 20%. La prueba de penetración de agua reveló una disminución de la permeabilidad con el aumento del porcentaje de WMP. Con base en los resultados, se recomendó usar WMP hasta un 40% en la mezcla de concreto como reemplazo de la arena. Se observó que con la incorporación de WMP, la trabajabilidad y el peso unitario del concreto disminuyen proporcionalmente al porcentaje de reemplazo, mientras que las propiedades mecánicas del concreto aumentan hasta cierto porcentaje y luego disminuyen. La mejora máxima en la resistencia a la compresión se logró con un reemplazo del 40%, con una ligera mejora en la resistencia a la tracción con un reemplazo del 20%. La prueba de penetración de agua reveló una disminución de la permeabilidad con el aumento del porcentaje de WMP. Con base en los resultados, se recomendó usar WMP hasta un 40% en la mezcla de concreto como reemplazo de la arena. La mejora máxima en la resistencia a la compresión se logró con un reemplazo del 40%, con una ligera mejora en la resistencia a la tracción con un reemplazo del 20%. La prueba de penetración de agua reveló una disminución de la permeabilidad con el aumento del porcentaje de WMP. Con base en los resultados, se recomendó usar WMP hasta un 40% en la mezcla de concreto como reemplazo de la arena. La mejora máxima en la resistencia a la compresión se logró con un reemplazo del 40%, con una ligera mejora en la resistencia a la tracción con un reemplazo del 20%. La prueba de penetración de agua reveló una disminución de la permeabilidad con el aumento del porcentaje de WMP. Con base en los resultados, se recomendó usar WMP hasta un 40% en la mezcla de concreto como reemplazo de la arena.

Mardani et al, (2015). En este estudio, se investigaron los efectos del concreto reciclado fino y el agregado de vidrio sobre el desempeño mecánico y de durabilidad del concreto. El hormigón y el vidrio de desecho se trituraron, se tamizaron y se volvieron a mezclar para cumplir la misma

gradación que la fracción de tamaño de agregado de piedra caliza triturada de 0–4 mm disponible. Los áridos reciclados se sustituyeron por áridos finos al 0, 15, 30, 45 y 60% en peso. Se determinó el rendimiento mecánico y de durabilidad de las mezclas a los 28 días. La máxima reducción en la resistencia se observó en las muestras que contenían 60% de agregado de vidrio reciclado. Además, el aumento del contenido de agregados de hormigón reciclado provocó una disminución en el valor de UPV y un aumento de la absorción de agua, la profundidad de penetración del agua a presión, la penetración de iones de cloruro y la capacidad de absorción de agua de la mezcla de hormigón.

Agrela et al, (2018). Los áridos reciclados (RA) se han estudiado exhaustivamente en la producción de hormigón. Normalmente, la fracción gruesa de áridos de hormigón reciclado (RCA) es la más utilizada para fabricar hormigones reciclados. No se ha estudiado en profundidad la fabricación de hormigón con fracción fina de RCA y / o áridos mixtos reciclados (RMA) (a partir de una mezcla de hormigón, asfalto, mampostería, etc.). En la mayoría de los casos, las plantas de reciclaje producen AR con una distribución de tamaño de partícula all-in. estos materiales reciclados podrían denominarse agregados de hormigón reciclado all-in (Airca) y agregados mixtos reciclados all-in (airma). la aplicación de estos Airca o airma, limitando el porcentaje de sustitución de agregados naturales (Na) por el Airca, es más beneficioso tanto para los costos de producción como para el medio ambiente. en estudios recientes, otros subproductos, como la ceniza de fondo de biomasa (Bba) en hormigones, sustituyendo arena natural (Ns) y mejorando las propiedades mecánicas en hormigones con bajas cantidades de cemento. es posible mejorar las propiedades del Bba mediante procesos mecánicos (como cribado o flotación) para reducir el contenido de materia orgánica y así obtener Bba procesado (Pr-Bba). este estudio aporta datos interesantes sobre las propiedades mecánicas y de durabilidad de los hormigones fabricados con 30% Airca y airma, y también mediante la aplicación de diferentes tasas de sustitución (0, 15 y 30%) de Na por Bba y Pr-Bba. las propiedades mecánicas y de durabilidad se analizaron durante diferentes períodos de

tiempo en diferentes mezclas. Se demostró que es posible aplicar estos materiales reciclados en mezclas de concreto no estructural limitando la tasa de reemplazo. La aplicación de BBA y Pr-BBA redujo las propiedades del hormigón. Sin embargo, esta reducción fue menos significativa con el uso de Pr-BBA.

Rosales et al, (2016). La biomasa es una fuente de energía renovable que se utiliza cada vez más en todo el mundo. Sin embargo, debido a los recientes aumentos en la producción, los productos de desecho de la combustión de biomasa se están convirtiendo en un problema ambiental y económico relevante. Otros residuos de los sectores de la construcción y la demolición se han estudiado ampliamente. Para ello, se han realizado varios estudios de investigación para estudiar las propiedades mecánicas y algunas de durabilidad en la fabricación de hormigón con hormigón reciclado y áridos mixtos de diferentes orígenes constructivos. En trabajos anteriores se estudió la menor densidad de áridos mixtos reciclados (RMA) y ceniza de fondo de biomasa (BBA) con respecto a áridos naturales. Esta característica se puede aprovechar para la producción de elementos de construcción que requieran el uso de materiales de baja densidad, como el hormigón ligero. Para esto, El objetivo de este trabajo fue estudiar la influencia del uso de áridos mixtos reciclados y cenizas de fondo de biomasa, como sustitutos de los áridos naturales, sobre el comportamiento mecánico, las propiedades de durabilidad y el riesgo medioambiental del hormigón ligero reciclado. Se aplicaron varios reemplazos de áridos naturales a través de áridos reciclados y cenizas de fondo de biomasa en la fabricación de hormigones ligeros. Para estudiar el comportamiento del hormigón se midieron propiedades como densidad, absorción, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, UPV, penetración de agua y retracción por secado. Debido a la incorporación de Rma y Bba, se obtuvo una disminución de la densidad y propiedades mecánicas del hormigón reciclado fabricado con respecto a la mezcla de control. Por lo tanto, los resultados mostraron la posibilidad de aplicar este tipo de materiales reciclados en hormigones ligeros para su aplicación en elementos constructivos específicos. A través de este estudio se demuestra la posibilidad de reutilización de residuos y subproductos

industriales (RMA y BBA) que hasta ahora se han acumulado principalmente en vertedero. Los resultados positivos muestran la posibilidad de fabricar hormigón ligero con estos subproductos, consiguiendo un material con menor densidad y requisitos mecánicos que cumplen con la normativa vigente para hormigón.

Raja y Vijayan, (2021). La presente investigación se centra en la proporción variable de agregados finos lateríticos en el hormigón de alta resistencia (HSC). Se produjeron mezclas de concreto de grado M60 reemplazando la arena manufacturada con laterita en una proporción de 25 a 100 por ciento (en peso). y se estudian las propiedades de las mezclas. Para lograr una mezcla de alta resistencia, se agregaron 10% de micro sílice y 10% de cenizas volantes (FA) a todas las mezclas. Las propiedades mecánicas se estudiaron después de 7, 28, 56 y 90 días de curado, y las muestras laterizadas lograron aproximadamente un 12 por ciento más de resistencia a la compresión que las muestras de control, mientras que las resistencias a tracción y flexión aumentaron hasta un 11,14% y 12,83%, respectivamente. Los resultados indicaron que la sustitución del 25% de laterita era el porcentaje óptimo en el hormigón HSC. Se realizaron estudios microestructurales de mezcla óptima y mezcla de referencia a los 28 días para una mejor comprensión morfológica y mineralógica de las HSC laterizadas. Los parámetros de durabilidad como la profundidad de penetración del agua, la permeabilidad a los iones de cloruro y la sorptividad mostraron valores más altos para las mezclas de laterita que las mezclas de control. Se investigó el comportamiento a la flexión de las vigas HSC reforzadas que utilizan agregados lateríticos y se informó que la capacidad de carga de las vigas laterizadas era un 11,3 por ciento más alta que las vigas de control. Los resultados del estudio indican que la HSC se puede lograr con la sustitución parcial con agregados finos lateríticos y demuestra que la laterita puede reemplazar los agregados convencionales. y la sorptividad exhibió valores más altos para las mezclas de laterita que las mezclas de control. Se investigó el comportamiento a la flexión de las vigas HSC reforzadas que utilizan agregados lateríticos y se informó que la capacidad de carga de las vigas laterizadas era un 11,3 por ciento más alta que las vigas

de control. Los resultados del estudio indican que la HSC se puede lograr con la sustitución parcial con agregados finos lateríticos y demuestra que la laterita puede reemplazar los agregados convencionales. y la sorptividad exhibió valores más altos para las mezclas de laterita que las mezclas de control. Se investigó el comportamiento a la flexión de las vigas HSC reforzadas que utilizan agregados lateríticos y se informó que la capacidad de carga de las vigas laterizadas era un 11,3 por ciento más alta que las vigas de control. Los resultados del estudio indican que la HSC se puede lograr con la sustitución parcial con agregados finos lateríticos y demuestra que la laterita puede reemplazar los agregados convencionales.

García et al, (2017). El objetivo de este estudio es evaluar el efecto de los niveles de reemplazo de agregados naturales gruesos con agregados reciclados y aditivos reductores de agua sobre la energía de fractura del concreto. Se producen cuatro mezclas con proporciones de reemplazo de 0, 20, 50 y 100% por familia de concreto: sin aditivo, con plastificante y con superplastificante. La energía de fractura experimental se prueba utilizando el método de prueba de división en cuña en muestras con muescas a los 28 días. Los resultados demuestran que la incorporación de hasta un 20% de áridos reciclados gruesos condujo a una mejor capacidad de absorción de energía de las mezclas de hormigón con aditivos reductores de agua, alcanzando el 1,5% para el hormigón con plastificante normal y el 7,0% para el hormigón con superplastificante.

Kaish et al. (2021). Este estudio tuvo como objetivo investigar el efecto de diferentes materiales de desecho industrial como reemplazo parcial del agregado fino sobre las propiedades de resistencia del concreto normal. Para la economía y la sostenibilidad de los recursos naturales, el uso de algunos residuos industriales puede demostrar numerosos beneficios para la industria de la construcción. Sin embargo, existe un estudio limitado sobre el uso de residuos industriales como reemplazo de agregado fino en concreto de resistencia normal, especialmente, utilizando lodos de alumbre de la planta de tratamiento de agua como reemplazo de agregado fino. El material utilizado en este estudio como reemplazo del agregado fino (arena de río) fue lodo de alumbre secado al horno. Si bien el polvo de cantera y el polvo

de piedra caliza también se emplearon como material de desecho industrial no reactivo, para identificar el efecto específico del lodo de alumbre secado al horno en el concreto. Todos los materiales se trituraron para obtener partículas de menor tamaño y luego se utilizaron como reemplazo de agregado fino en diferentes porcentajes (5, 10 y 15%). Los resultados de los experimentos muestran que la adición de material de desecho industrial mejoró la densidad del hormigón y las resistencias a la tracción, a la compresión, a la flexión y a la rotura. El resultado también muestra que el contenido de reemplazo óptimo de agregado fino con desechos industriales fue del 10% para el lodo de alumbre secado al horno, mientras que el 15% para el contenido de polvo de cantera y piedra caliza que mejoró todas las propiedades de resistencia investigadas en este estudio. Todos los desechos industriales empleados en este estudio como agregado fino han demostrado ser un buen material de relleno al llenar el vacío interno del concreto y mejorar las propiedades de resistencia para un concreto de resistencia normal.

Zareei et al, (2019). Este estudio investigó los efectos de la utilización combinada de partículas de wollastonita y agregado cerámico de desecho reciclado (RWCA) en las propiedades del concreto de alta resistencia (HSC). Se fabricaron dos grupos de mezclas: 1) mezclas de concreto en las que se reemplazó parcialmente cemento con wollastonita en valores que van del 10% al 50%, y 2) mezclas en las que se usó wollastonita en las dosis antes mencionadas y 50% de agregado grueso natural fue reemplazado con RWCA. Además, se añadió a todas las mezclas un 10% de micro-sílice en peso de cemento. Se evaluó el comportamiento del hormigón en términos de resistencia, durabilidad, resistencia al ambiente ácido y comportamiento a temperaturas elevadas que van de 20 ° C a 800 ° C. Es más, El efecto de las inclusiones de wollastonita y RWCA sobre la microestructura de las muestras se realizó mediante estudios mediante microscopía electrónica de barrido (SEM). Se demostró que la wollastonita tiene un impacto adverso sobre la trabajabilidad del hormigón y la resistencia a la compresión. Por ejemplo, se observó una reducción del 34% y del 6% en el asentamiento y la resistencia a la compresión a los 28 días con una dosis de wollastonita del

50%, respectivamente. Por otro lado, la resistencia a la tracción y la flexión a la rotura de 28 días se incrementaron respectivamente en un 4,25% y un 10% al 50% de contenido de wollastonita con respecto al hormigón de control. Además, las inclusiones de RWCA mejoraron el rendimiento del hormigón. Por ejemplo, la resistencia a la compresión a 28 días se incrementó en un 24% en una mezcla con un contenido de wollastonita del 50% con respecto al concreto de control. Además, la retención de resistencia a 800 ° C para la mezcla con RWCA fue un 16% mayor que la de la mezcla sin RWCA. Por lo tanto, se concluyó que reemplazar el agregado grueso con RWCA mejora las propiedades de resistencia y durabilidad del concreto y reemplazar el 30% del cemento con partículas de wollastonita logra un equilibrio entre la trabajabilidad y la resistencia del concreto.

Tech et al, (2020). Las actividades de construcción están progresando rápidamente en todo el mundo debido a la demanda de hormigón y sus materiales constituyentes, especialmente los áridos finos y gruesos. La gran cantidad de hormigón que se produce está provocando una grave escasez de arena natural. Hoy en día, los investigadores están encontrando formas de explorar mejores alternativas de arena de río en forma de arena manufacturada y arena de roca triturada. Los residuos de corte de arenisca son granos de mineral del tamaño de arena obtenidos de rocas sedimentarias. Esta investigación tiene como objetivo encontrar las propiedades mecánicas del hormigón que contiene residuos de corte de arenisca recolectados de Bayana en el estado de Rajasthan en India con el reemplazo de arena de río natural. El estudio se llevó a cabo optando por tres relaciones a / c diferentes, es decir, 0,35, 0,40 y 0,45 y las mezclas de hormigón se diseñaron según IS10262: 2009. El efecto de los desechos de corte de arenisca se investigó tanto para los atributos del concreto fresco, es decir, el asentamiento y la densidad como para los atributos del concreto endurecido, es decir, la resistencia a la compresión de los cubos, la resistencia a la flexión de las vigas y la resistencia a la tracción dividida de los cilindros junto con la resistencia a la abrasión en los cubos de concreto junto con la resistencia microestructural. estudios de hormigón endurecido mediante microscopio electrónico de barrido (SEM). microscopio óptico (OM). También se llevó

a cabo un estudio de comparación con hormigón de mezcla de control con 0% de desperdicio de corte de arenisca y más arena de río se reemplazó con desperdicio de corte de arenisca utilizando un nivel de reemplazo del 10%, 20%, 30%, 40%, 50% y 100% junto con niveles óptimos en el medio.

Mohamed et al, (2021). Este estudio investiga el efecto de los regímenes de curado generalmente utilizados para hormigones autopolimerizables (SC) sobre las propiedades de ingeniería del hormigón de resistencia normal (NSC) y el hormigón de alta resistencia (HSC). Este estudio también examina el efecto de exponer el hormigón SC a altas temperaturas de hasta 800 ° C. Este estudio aplica cinco tipos de regímenes de curado. El primer tipo consiste en sumergir muestras de hormigón en un tanque de agua. El segundo tipo consiste en colocar muestras de hormigón en el aire en condiciones de laboratorio sin curar. El tercer tipo es el uso de diferentes dosis de polietilenglicol (PEG) en el 1%, 2%, 3% y 4% de la masa de cemento. El cuarto tipo es el uso de agregados de desechos cerámicos porosos (PCWA) como un reemplazo de agregados de curso en un 10%, 15%, 20% y 25%. El quinto tipo es la combinación de dosis de PEG en un 1% y un 2% con un 10% de PCWA. Se realizaron pruebas para investigar las propiedades mecánicas de la resistencia a la compresión, la rotura y la flexión. Se investigaron las pruebas de durabilidad tales como absorción de agua, sorptividad de agua, permeabilidad de agua, penetrabilidad de iones de cloruro, profundidad de carbonatación y contracción por secado. Se realizaron pruebas de pérdida de peso y resistencia a la compresión residual después de la exposición a altas temperaturas. El estudio recomienda tres regímenes de autocurado para NSC y HSC basados en a) la resistencia a la compresión lograda, b) la durabilidad y c) el rendimiento mecánico y de durabilidad del hormigón sometido a altas temperaturas. Primero: el régimen SC con una combinación de 2% PEG y 10% PCWA logró la máxima resistencia a la compresión del concreto que se informó que era 14.7% y 19.3% más alta para NSC y HSC, respectivamente, en comparación con la técnica de curado por inmersión en agua. Segundo: El régimen SC con una dosis de PEG al 3% (NCP3) logró las propiedades óptimas de durabilidad de NSC y HSC que se estudiaron en esta investigación. Tercero:



régimen SC, reemplazando el agregado grueso por PCWA hasta en un 25%, que redujo los efectos nocivos de la alta temperatura sobre la pérdida de densidad y la resistencia a la compresión.

Keshavarz y Mostofinejad, (2019). Los avances recientes en la ingeniería de la construcción han hecho posible el diseño de estructuras seguras y atrajeron una atención cada vez mayor hacia el uso del hormigón por sus propiedades beneficiosas. Esto, a su vez, ha impulsado muchos esfuerzos destinados a mejorar las propiedades físicas y químicas del hormigón. Esto es así mientras un número creciente de industrias está produciendo productos de desecho que justifican ser reutilizados para evitar su vertido en el medio ambiente. Una forma de evitar la acumulación de productos de desecho en el medio ambiente es utilizarlos como materiales sustitutos útiles en el hormigón. En esta línea, se ha investigado ampliamente el uso de residuos cerámicos en el hormigón. La cerámica porcelánica es una nueva generación de cerámicas altamente resistentes al calor y que ofrece una gran resistencia a la presión; sin embargo, estas cerámicas no se pueden reciclar para volver a la línea de producción en las fábricas e inevitablemente se vierten al medio ambiente como productos de desecho. En la presente investigación, se utilizaron dos tipos de porcelana y cerámica roja ordinaria como sustitutos de los agregados gruesos en el concreto. Para ello, se moldearon 65 probetas para probar su resistencia a la compresión, tracción y flexión, así como su absorción de agua. Se encontró que los desechos de gres porcelánico pudieron aumentar la resistencia a la compresión del concreto hasta en un 41%, mientras que los de cerámica roja la aumentaron hasta en un 29%. Además, se descubrió que la porcelana es capaz de aumentar las resistencias a la tracción y a la flexión hasta en un 41% y un 67%, respectivamente. Las pruebas de absorción de agua revelaron que mientras que la porcelana aumentaba la absorción de agua del concreto hasta en un 54%, los desechos de cerámica roja la aumentaban en un 91%.

Zareei et al, (2019). Este documento investigó la utilización combinada de agregado cerámico de desecho reciclado (RWCA) y fibras de alfombra de desecho (WCF) en concreto de alta resistencia (HSC). Se prepararon mezclas de concreto que contenían diferentes porcentajes de RWCA

incluyendo 20%, 40%, 60% (en peso) como reemplazo parcial de agregado grueso natural (NCA). Para mejorar la resistencia a la tracción y a la flexión del concreto, se agregó 1.0% (por volumen) de WCF a las mezclas. Se evaluó el asentamiento y la densidad del concreto fresco, los cuales demostraron una tendencia decreciente con la incorporación de RWCA y WCF. Con respecto al hormigón endurecido, la sustitución del 40% de NCA por RWCA condujo a las propiedades mecánicas óptimas y aumentó las resistencias a la compresión, tracción y flexión en un 13%, 15% y 3%, respectivamente, sobre las del hormigón de control. después de 28 días. Agregar WCF a la misma mezcla mejoró la resistencia a la tracción hasta en un 21% sobre la del concreto de control y redujo el ancho de la grieta. En cuanto a las propiedades de durabilidad, el concreto óptimo RWCA reforzado con WCF mostró una reducción del 19% en la resistividad eléctrica de 28 días y un aumento del 48% en la absorción de agua. Las imágenes de microscopía electrónica de barrido (SEM) del hormigón reforzado con WCF confirmaron el efecto puente de WCF, lo que llevó a una mejora en las resistencias a la tracción y flexión del hormigón. Con base en los hallazgos del presente estudio, es posible producir HSC reforzado con fibra con una resistencia superior a la compresión y a la tracción mediante el uso de dosis específicas de RWCA. el concreto óptimo RWCA reforzado con WCF mostró una reducción del 19% en la resistividad eléctrica de 28 días y un aumento del 48% en la absorción de agua. Las imágenes de microscopía electrónica de barrido (SEM) del hormigón reforzado con WCF confirmaron el efecto puente de WCF, lo que llevó a una mejora en las resistencias a la tracción y flexión del hormigón. Con base en los hallazgos del presente estudio, es posible producir HSC reforzado con fibra con una resistencia superior a la compresión y a la tracción mediante el uso de dosis específicas de RWCA. el concreto óptimo RWCA reforzado con WCF mostró una reducción del 19% en la resistividad eléctrica de 28 días y un aumento del 48% en la absorción de agua. Las imágenes de microscopía electrónica de barrido (SEM) del hormigón reforzado con WCF confirmaron el efecto puente de WCF, lo que llevó a una mejora en las resistencias a la tracción y flexión del hormigón. Con base en los hallazgos del presente estudio, es posible producir HSC reforzado con fibra con una

resistencia superior a la compresión y a la tracción mediante el uso de dosis específicas de RWCA.

Talaei y Mostofinejad, (2021). El hormigón ha encontrado recientemente aplicaciones cada vez mayores en estructuras expuestas a altas temperaturas. Por tanto, es necesario desde el punto de vista de la ingeniería mejorar las propiedades mecánicas del hormigón utilizado en tales estructuras. Las estructuras de hormigón expuestas a altas temperaturas son propensas a sufrir daños graves debido a los cambios físicos y químicos inducidos por el calor en el hormigón que reducen sus resistencias a la compresión, tracción y flexión, así como su módulo de elasticidad. Un remedio es utilizar materiales refractarios para aumentar la resistencia al calor del hormigón. En este estudio, se utilizó cerámica de porcelana residual como material agregado para lograr mejoras en las propiedades mecánicas del hormigón a altas temperaturas con la ventaja adicional simultánea de reducir la contaminación ambiental. Además, fibras de polipropileno y acero, así como cemento Portland ordinario y refractario, se utilizaron para moldear 120 probetas cilíndricas de 100 mm x 200 mm de tamaño para ser expuestas a temperaturas de 400 y 800 ° C en un horno de laboratorio. Se midieron las resistencias a la compresión y a la tracción de las probetas al enfriarse, se determinaron sus pérdidas de peso y, finalmente, se realizó la evaluación de grietas utilizando la dimensión fractal. Todos los especímenes exhibieron resistencias reducidas a la compresión y a la tracción con el aumento de temperatura, aunque a diferentes velocidades dependiendo de los materiales de sus ingredientes, de modo que se registraron resistencias más altas a 400 ° C para los especímenes que contienen cemento Portland y a 800 ° C para los que contienen cemento refractario. La aplicación de fibras de acero aumentó la resistencia al calor y disminuyó la caída de resistencia hasta en un 20% y 30% a 400 y 800 ° C, respectivamente.

Duan et al, (2020). Este estudio tiene como objetivo investigar las propiedades del hormigón autocompactante (SCC) con un uso combinado de árido grueso reciclado (RCA-0, 25%, 50% y 100% de sustitución por masa) y polvo reciclado (RP-10% y 20 %). ambos derivados de residuos de construcción y demolición (C&D). Las propiedades frescas se llevaron a

cabo según EFNARC y la porosidad se evaluó mediante el uso de una técnica de prueba no destructiva con micro-rayos X de tomografía computarizada (TC de rayos X). Los resultados mostraron que todas las mezclas de SCC examinadas en este estudio debían una excelente fluidez incluso cuando el FA se reemplazó por completo con RP. La resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción por división y la resistencia a la penetración de cloruros del SCC generalmente se debilitaron con un aumento en el reemplazo del RCA, y la tasa de reducción fue generalmente menor cuando el RCA no se usó más del 50%.

Nahhab y Ketab, (2020). Se investigaron los efectos del tamaño máximo de agregado ( $d_{max}$ ). el contenido de agregado grueso de arcilla expandida ligera (LECA) y la fracción de volumen de microfibras de acero ( $V_f$ ) sobre las propiedades del concreto liviano autocompactante (SCLWC). Un total de 18 mezclas con  $d_{max}$  de 10, 14, y 20 mm, contenido LECA de 50% y 100%, y  $V_f$  se prepararon de 0.25, 0.5, y 0.75%. Las propiedades frescas investigadas fueron densidad fresca, flujo de asentamiento, T 50 cm, tiempo de flujo del embudo en V y relación de altura de la caja L, mientras que las propiedades endurecidas investigadas fueron resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, densidad de secado en horno, absorción de agua, contracción por secado y pérdida de peso. Los resultados revelaron que aumentar  $d_{max}$  condujo a disminuir la dosis de superplastificante necesaria para mantener el asentamiento en 700–750 mm. El  $d_{max}$  de 10 mm proporcionó las mejores resistencias a la compresión y la flexión. La capacidad de absorción de agua fue generalmente más alta a medida que aumentaban el  $d_{max}$ , el contenido de LECA y  $V_f$ . La contracción por secado, por otro lado, disminuyó generalmente al aumentar  $d_{max}$  y  $V_f$ .

Gupta et al, (2021). En el presente trabajo se desarrolla un material compuesto a partir de polvo de piedra y residuos cerámicos. El polvo de piedra y los desechos de cerámica son los reemplazos de la arena y la piedra natural, respectivamente. El compuesto desarrollado se prueba para varias pruebas mecánicas para conocer la resistencia bajo compresión, flexión y cizallamiento. Se moldearon siete tipos diferentes de muestras variando el polvo de piedra del 0% al 100% en el intervalo del 20%. El agregado de

residuos cerámicos se mantuvo constante al 20% en todas las muestras excepto en la muestra de hormigón convencional. La trabajabilidad de la mezcla se mejoró agregando superplastificante basado en PCE. Los resultados mostraron que la sustitución de áridos pétreos por residuos cerámicos solos tiende a reducir la resistencia mecánica del hormigón. En comparación con el hormigón convencional, la resistencia a la compresión y a la flexión de la muestra S0C20 (es decir, 0% polvo de piedra y 20% cerámica) se reduce ligeramente. La resistencia máxima se obtuvo en la muestra S40C20 (es decir, 40% de polvo de piedra y 20% de cerámica) para compresión, cizallamiento y flexión. Por tanto, los áridos naturales de arena y piedra pueden sustituirse parcialmente por polvo de piedra y áridos cerámicos de desecho, respectivamente, para la fabricación de un material compuesto (es decir, hormigón) en un porcentaje optimizado.

## 2.3 Estructura teórica y científica

### 2.3.1 El concreto

Lamus y Andrade, (2015). El concreto es un material compuesto, con características similares a las de los materiales rocosos, que se obtiene mediante la mezcla de agregados pétreos con una gradación en su tamaño que puede ir desde la fracción de milímetro hasta varios centímetros – gravas y arena, ligados por medio de una pasta de cemento hidráulico.

En algunas ocasiones en la mezcla pueden intervenir otros componentes como los aditivos y las microfibras con el fin de modificar algunas propiedades mecánicas o físicas del concreto, bien sea en estado fresco o endurecido.

### 2.3.2 Cemento portland

Ortega, (2014). Es un material aglomerante que tiene las propiedades de adherencia y cohesión necesarias para unir áridos inertes entre si, formando una masa sólida que cumple las características y propiedades que más adelante se detallarán.

Para satisfacer ciertos requerimientos físicos y químicos para propósitos específicos, se elaboran diferentes tipos de cemento Portland. Las especificaciones Estándar para estos tipos de cemento y los métodos de prueba se encuentran al detalle en las especificaciones ASTM C-150. Ellos son:

- Tipo I, que es de uso general y es apropiado para todos los usos cuando no son requeridas las propiedades especiales de los otros tipos de cemento.
- Tipo II, es usado donde no se requiere una excesiva protección contra ataques de sulfatos, es decir, donde los ataques por sulfatos no son muy severos. Es un cemento que generará menos calor de hidratación que el cemento Tipo I.
- Tipo III, este tipo de cemento de resistencias iniciales altas adquieren sus resistencias una semana o menos de vaciado. Se usa cuando los encofrados o formas tienen que ser retiradas lo antes posible para otro uso, o cuando la estructura debe ser puesta en servicio lo antes posible.
- Tipo IV, este cemento se usa donde el calor de hidratación debe ser reducido al mínimo. Desarrolla resistencias a más largo plazo que el Tipo I o normal.
- Tipo V, este tipo de cemento es usado solamente en concretos que van a estar expuestos a una severa acción de sulfatos. Se usa principalmente donde los suelos, o aguas en contacto con la estructura, tienen un alto contenido de sulfato. Este cemento adquiere resistencia más lentamente que Tipo I o normal.

### 2.3.3 Agregados

Ortega, (2014). Los agregados se clasifican básicamente en dos tipos: agregados gruesos o grava y agregados finos o arenas, los mismos que en su conjunto ocupan del 70 al 75% del volumen de la masa endurecida. La resistencia y economía del concreto es consecuencia directa de la mejor compactación que los agregados pueden tener, siendo muy importante la granulometría de las partículas.

#### Agregado fino o arena

Rodríguez, (2019). Es llamado agregado fino a la arena o piedra finamente triturada que pasan por el tamiz 3/8" (9.51mm) y es retenido en el N°200 (0.074mm) más la bandeja de fondo; especificaciones normalizadas para agregados en hormigón NTP 400.037. Las arenas provienen de la desintegración natural de las rocas; y que por agentes naturales como corrientes aéreas se acumulan en lugares determinados.

### Agregado grueso o piedra

Rodríguez, (2019). Se define agregado grueso al material que es retenido en el tamiz normalizado N°4 (4.75mm) proveniente de la desintegración natural o mecánica de la roca; especificaciones normalizadas para agregados en hormigón NTP 400.037. El agregado grueso puede estar formado por grava natural o triturada (piedra chancada). Sus particulares serán limpias, de perfil preferentemente angular o semi angular, duras, compactas, resistentes y de textura rugosa; deberá estar libre de partículas escamosas, materia orgánica u otras sustancias dañinas.

### 2.3.4 Agua

Rivva, (2014). El agua presente en la mezcla de concreto reacciona químicamente con el material cementante para lograr:

- La formación de gel.
- Permitir que el conjunto de la masa adquiera las propiedades que: En estado no endurecido faciliten una adecuada manipulación y colocación de la misma; y en estado endurecido la conviertan en un producto de las propiedades y características deseadas.

## 2.4 Definición de términos básicos

### 2.4.1 Cerámica

Son placas utilizadas para revestimiento de paredes y suelos, es de poco espesor. Están elaboradas de arcillas y otras sustancias; pasan por el proceso de molienda o amasado, se moldean y después son secadas; finalmente son cocidas a temperaturas requeridas. Restrepo, (2011)

### 2.4.2 Residuos

Es el material sobrante que será molido para ser utilizado como reemplazo del cemento Pacasmayo Tipo I. Rojas, (2019).

### 2.4.3 Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión simple es la característica mecánica principal del concreto. Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm<sup>2</sup>, MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi).

## CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

### 3.1 Hipótesis

#### 3.1.1 Hipótesis general

Al determinar los residuos de cerámica como sustitución porcentual del agregado grueso se mejoran las propiedades mecánicas del concreto

#### 3.1.2 Hipótesis específicas

- Al determinar el óptimo porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso se mejora la resistencia a la compresión axial.
- Al determinar el óptimo porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso se mejora la resistencia a la tracción.
- Al determinar el óptimo porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso se mejora el módulo de elasticidad.
- Al determinar el óptimo porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso se mejora la permeabilidad.

#### 3.1.3 Fundamentos teóricos que sustentan a la hipótesis

En la siguiente figura se elaboró un esquema en la que se sustenta la investigación.

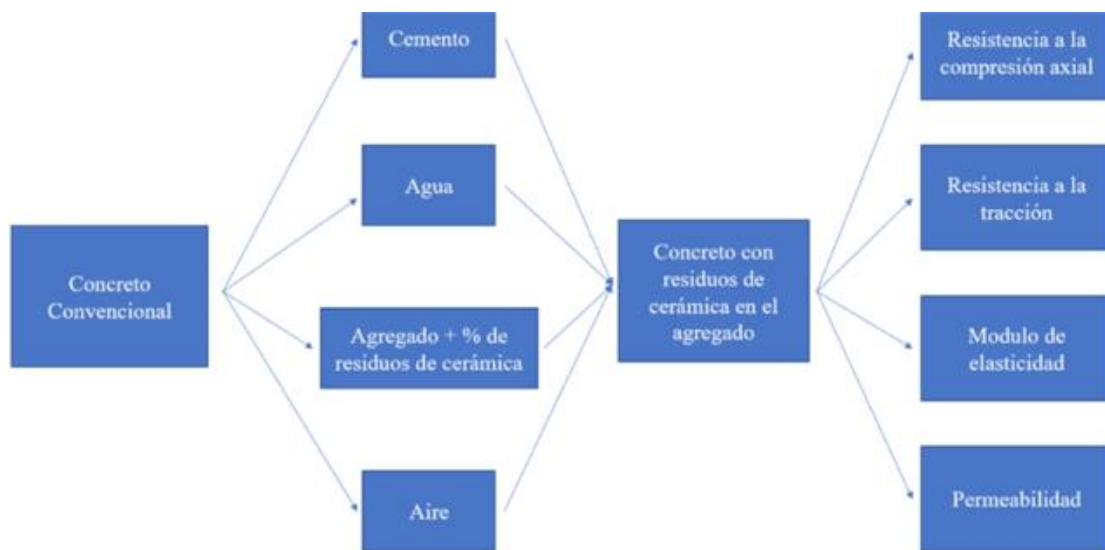


Figura 2: Diagrama de flujo de tesis.

Fuente: Elaboración propia



## 3.2 Variables

Las variables de estudio son de tipo cuantitativa continua, ya que los resultados son susceptibles a la medición bajo un sistema establecido, el cual, a su vez, permite una cantidad de resultados muy amplia.

### 3.2.1 Variable independiente

Residuos de cerámica como sustitución porcentual del agregado grueso

### 3.2.2 Variable dependiente

Propiedades mecánicas del concreto.

Indicadores:

- Resistencia a la compresión axial.
- Resistencia a la tracción.
- Módulo de elasticidad.
- Permeabilidad.

## 3.3 Sistema de variables

### 3.3.1 Definición conceptual

VI: Residuos de cerámica

Variable dependiente: Propiedades mecánicas del concreto.

Propiedades mecánicas del concreto. Los materiales cerámicos tienen dos propiedades que son determinantes de sus métodos de conformado y procesado. Poseen un alto punto de fusión y casi nula deformación térmica hasta a altas temperaturas. Estos factores hacen que la fusión de los cerámicos para conformarlos y trabajarlos como líquidos sea inviable.

### 3.3.2 Operacionalización de las variables

En la Tabla 1, mostramos las variables, indicadores, índices e instrumentos y el rol que asumen en nuestra investigación.

### 3.3.3 Operacionalización de variables

Tabla 1: Operacionalización de las Variables.

Residuos de cerámica como sustitución porcentual del agregado para mejorar las propiedades mecánicas del concreto

Variable independiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador	Índices	Unidad de medida	Instrumento	Herramienta
Residuos de cerámica como sustitución porcentual del agregado	Es el material sobrante que será molido para ser utilizado como reemplazo del agregado el cual se proporcionará en adiciones que cumplan el porcentaje adecuado	Son sobrantes de la cerámica que no fue utilizada como revestimiento de las paredes o pisos; por tal razón, se reciclará y se molerá hasta que tenga una textura fina (malla N° 100). El objetivo es utilizarla como reemplazo del agregado.	-	Residuos de cerámica en el agregado	%	kg.		Norma E. 060
Variable dependiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador	Índices	Unidad de medida	Instrumento	Herramienta
Propiedades del concreto	Directamente de las características físicas y químicas del cemento, agua y agregados, por ello es importante usar agua potable, cemento y agregados adecuados	Se llama concreto fresco al material mientras permanece en estado fluido, desde el momento que se mezclan todos los componentes hasta el atesa miento de la masa.	Fresco	Absorción	Permeabilidad	%	NTP 400.021 NTP 400.022	Norma E. 060 ASTM C-642-2013, Fichas técnicas
		Tras el proceso de hidratación el concreto pasa del estado plástico a un estado rígido. Después de que el concreto ha fraguado empieza a ganar resistencia.	Endurecido	Resistencia del concreto	Compresión Tracción Módulo de elasticidad	kg/cm²	NTP 339.034 NTP 339.084 NTP 339.082	

Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación es un estudio documental, porque se recopiló una serie de artículos y tesis relevantes acerca del comportamiento del concreto incorporando a los residuos de cerámica en forma parcial en el agregado. Bibliográfica y descriptiva porque se apoya en un marco teórico-técnico a partir de artículos científicos, investigaciones que involucran las variables tales residuos de cerámica, resistencia a la compresión axial, tracción, módulo de elasticidad y permeabilidad. Por otro lado, está basado en distintas normas utilizadas por los especialistas e investigadores acerca del comportamiento del hormigón con aditivos en el estado fresco y/o endurecido.

En el estudio reforzaron un hormigón mediante la incorporación de vidrio molido para controlar la contracción plástica. El método empleado fue el deductivo, orientación aplicada, enfoque cuantitativo y como instrumento de recolección de datos retrolectivo, de tipo de investigación descriptivo, correlacional y explicativo. Utilizaron un diseño experimental, longitudinal, prospectivo y es una investigación causal dado que estudia la relación entre la variable independiente incorporación de vidrio molido (causa) y variable la variable dependiente la contracción plástica (efecto). Su objetivo es conocer el efecto positivo o negativo que puede producir un cambio inesperado entre las variables. Chavarry et al, (2020).

### 4.1 Método la investigación

El método de la investigación es deductivo con orientación aplicada y con enfoque mixto, ya que cumple tanto en lo cualitativo como cuantitativo. El enfoque cualitativo porque mejoró el concreto y en lo cuantitativo porque utilizó cálculos, y cuadros estadísticos para el análisis y obtención de resultados que fueron contrastados con las hipótesis establecidas para la presente investigación.

Con respecto al instrumento de recolección fue de tipo retrolectivo ya que se hizo uso de formatos de laboratorio previos.

### 4.2 Tipo de investigación

Nuestra investigación es de tipo descriptivo, explicativa y correlacional. Descriptivo porque especifica como el uso masivo del concreto y a su vez de desechos en este caso residuos de cerámica afectan directamente sobre el medio ambiente. Explicativa porque se visualizó y explicó el comportamiento de las propiedades mecánicas del concreto en función al reemplazo porcentual del agregado por diferentes tipos de residuos de cerámica. Y con respecto a

correlacional, porque se planteó incrementar la resistencia a la compresión y otros parámetros del concreto utilizando los residuos de cerámica, por lo cual existe una relación.

#### 4.3 Nivel de la investigación

El nivel de la investigación es descriptivo porque se basó en los datos recolectados de diferentes investigaciones, revistas especializadas y artículos relacionados al tema de investigación para emitir conclusiones.

#### 4.4 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es de tipo experimental, ya que los datos agrupados de las fuentes para la presente investigación se obtuvieron de forma experimental. Por el número de mediciones la investigación es longitudinal porque se comparó la resistencia mecánica del concreto a diferentes edades y con diferentes tipos de residuos de cerámica añadidos al diseño de mezcla. En su cronología es retrospectivo porque no fuimos la fuente que extrajo los datos a analizar y diseño de cohortes donde se contempló las probetas con los porcentajes de diferentes residuos de cerámica y estos a su vez, causaron efecto sobre la resistencia a la compresión de las mismas.

#### 4.5 Población y muestra

##### 4.5.1 Población

La población para la presente investigación fue considerada en función a la cantidad de resultados de ensayos de laboratorios obtenidos en las tesis, revistas especializadas y artículos de investigaciones, relacionados a concretos donde se utilizó algún tipo de desechos de cerámica y este parametrizados en bases a la norma ACI, E060.

##### 4.5.2 Muestra

Para la presente muestra se consideró ensayos de resistencia a la compresión axial, ensayos de resistencia a la tracción, ensayos de módulo de elasticidad y permeabilidad según fue considerado en cada investigación de los autores citados bajo los estándares, normas y reglamentos utilizados por las fuentes y contrastados con la NTP y ASTM.

A continuación, citamos a algunos de los autores que se tomaron en cuenta para la definición de la muestra.

Arimana y Taquiri, (2020). en su investigación la muestra se encontró conformada por 36 probetas cilíndricas para realizar el ensayo a al a compresión y de misma forma 36 vigas rectangulares para el ensayo de flexión, mismas que fueron ensayadas a los 7, 14 y 28 días respectivamente, mediante la adición de 5%, 10% y 15% de residuos de cerámica en reemplazo parcial.

Meza y Tolentino, (2020). en su estudio la muestra estuvo conformada por 112 especímenes, de las cuales 48 fueron sometidas a ensayo a la resistencia a la compresión, 32 fueron sometidos a ensayos a la tracción y finalmente 32 fueron sometidos a ensayos a la flexión. Todos los especímenes fueron evaluados a 7, 14, 21 y 28 días respectivamente y a su vez, mediante la adición de 0%, 10, 20% y 30% de residuos de cerámica en remplazo parcial.

Rojas, (2019). en su estudio la muestra estuvo conformada por 72 especímenes. Todos los especímenes fueron evaluados a 14, 21 y 28 días respectivamente, 12 especímenes mediante la adición de 0% de residuos de cerámica, 12 especímenes mediante la adición de 5% de residuos de cerámica, 12 especímenes mediante la adición de 10% de residuos de cerámica, 12 especímenes mediante la adición de 15% de residuos de cerámica, 12 especímenes mediante la adición de 20% de residuos de cerámica y finalmente 12 especímenes mediante la adición de 25% de residuos de cerámica.

#### 4.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

##### 4.6.1 Instrumento de recolección de datos

Los instrumentos aprovechados en la presente investigación fueron los datos obtenidos de los registros de ensayos de laboratorio de los artículos y tesis de investigaciones previas utilizadas, las cuales están determinados por las especificaciones de las Normas Nacionales e Internacionales.

Las herramientas fundamentales para nuestra investigación fueron:

- NTP 339.034 (2015) Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestra cilíndricas, 4<sup>a</sup> Edición.

- NTP 339.084:Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica, (2012).

#### 4.6.2 Métodos y técnicas

La técnica que se empleó en la investigación fueron los ensayos de laboratorio ejecutados a la compresión, tracción y flexión. Además de ensayos de consistencia, así de esta manera se pudo medir y comparar al concreto en estado fresco y endurecido para su posterior contrastación con las hipótesis planteadas.

#### 4.7 Descripción de procedimientos de análisis

Los datos de ensayos de laboratorio recolectados fueron experiencias de los investigadores que, fueron clasificados sus resultados en función del tipo de cerámica empleado en los ensayos a la compresión, tracción, módulo de elasticidad y permeabilidad del concreto.

Las herramientas que se manejaron para el procesamiento de datos y su posterior estudio fueron el software de Microsoft Excel, con el cual se desarrollaron gráficos para mostrar la relación y comparación de los diferentes objetivos planteados en la presente investigación.

## CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

En el análisis de resultado de la presente investigación que busca los residuos de cerámica como sustitución porcentual del agregado grueso para mejorar las propiedades mecánicas del concreto ya sea en estado fresco (permeabilidad y módulo de elasticidad) y en endurecido (resistencia a la compresión y resistencia a la tracción). se seleccionó los artículos correspondientes, donde se resaltan nuestros indicadores.

### 5.1 Parámetros

Tabla 2: Relación a/c por resistencia ACI 211.

Relación a/c (en peso)		f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado	
0.82	0.74	140
0.68	0.59	210
0.57	0.48	280
0.48	0.40	350
0.41	-	420

Fuente: Tabla 6.3.4 (a) ACI 211.

### 5.2 Análisis, resultados e interpretación de resultados.

5.2.1 Objetivo 1: Determinar el porcentaje de residuos para incrementar la resistencia

- a. Determinar el óptimo porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso para incrementar la resistencia a la compresión axial

Etxeberria et al, (2018).

Propiedades de los agregados para el mezclado del agregado (FNA)

Partícula secada al horno	2.59
Absorción de agua (%)	1.7
Valor de trituración (%)	18.3

Propiedades de los agregados para la mezcla cerámica fina de agregado (FCA)

Partícula secada al horno	2.09
Absorción de agua (%)	12.55
Valor de trituración (%)	22.8

Propiedades de los agregados para la mezcla gruesa del agregado (CMA)

Partícula secada al horno	1.79
Absorción de agua (%)	17.82
Valor de trituración (%)	34.62

El hormigón CC se produjo utilizando tanto agregados de FNA como de CNA. El agregado de CMA se utilizó en sustituciones del 15 y 30% (por volumen) del agregado de CNA para la producción de las mezclas RC-15-CMA y RC-30-CMA, respectivamente. Tanto los agregados FCA como FMA se emplearon en sustitución del agregado FNA en 10%, 20% y 30% (por volumen) para la producción de RC- (10/20/30) -FCA y RC (10/20 / 30) -Hormigones FMA, respectivamente. Se definió el empleo de los bajos porcentajes de áridos reciclados para la producción de hormigón con el fin de hormigones de áridos reciclados para conseguir propiedades mejores o similares a las del hormigón convencional, como han comprobado numerosos investigadores. Como resultado del bajo porcentaje de reemplazo, la distribución de clasificación de todo el concreto fue bastante similar. Se realizó resistencia a la compresión, ver Tabla 3, Figura 3, Figura 4 y Figura 5.

Tabla 3: Resistencia a la compresión en diferentes diseños de mezcla para ensayos de RC-FMA, FCA y CMA.

Tipo de referencia	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )			Relación a/c
	7 días	28 días	180 días	
CC	797	843	987	0.32
RC-10-FMA	773	827	892	0.32
RC-20-FMA	789	855	997	0.32
RC-30-FMA	785	909	949	0.32
RC-10-FCA	778	882	1081	0.32
RC-20-FCA	857	903	1153	0.32
RC-30-FCA	845	957	1143	0.32
RC-15-CMA	767	809	937	0.32
RC-30-CMA	744	824	853	0.32

Fuente: Etxeberria et al, (2018).



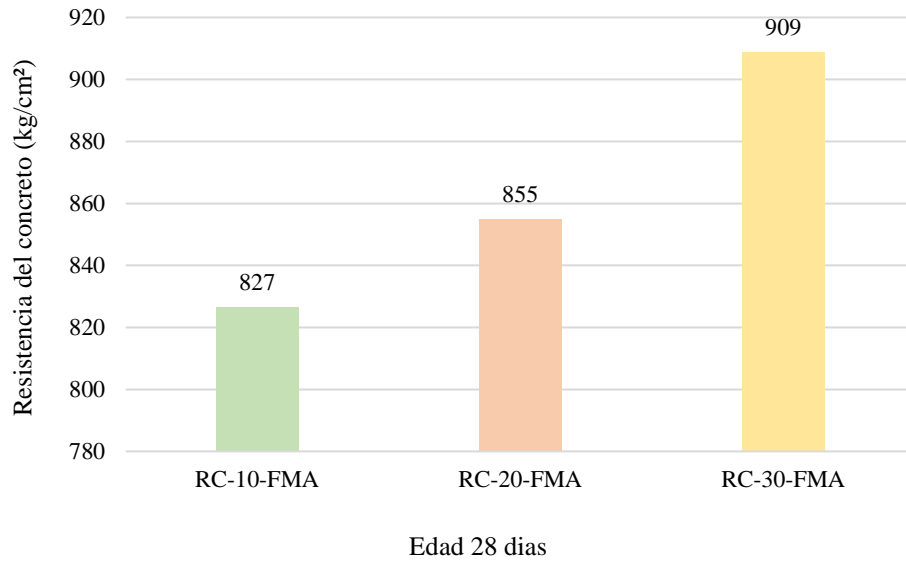


Figura 3: Resistencia a la compresión para ensayos de RC-10,20,30 FMA

Fuente: Elaboración propia

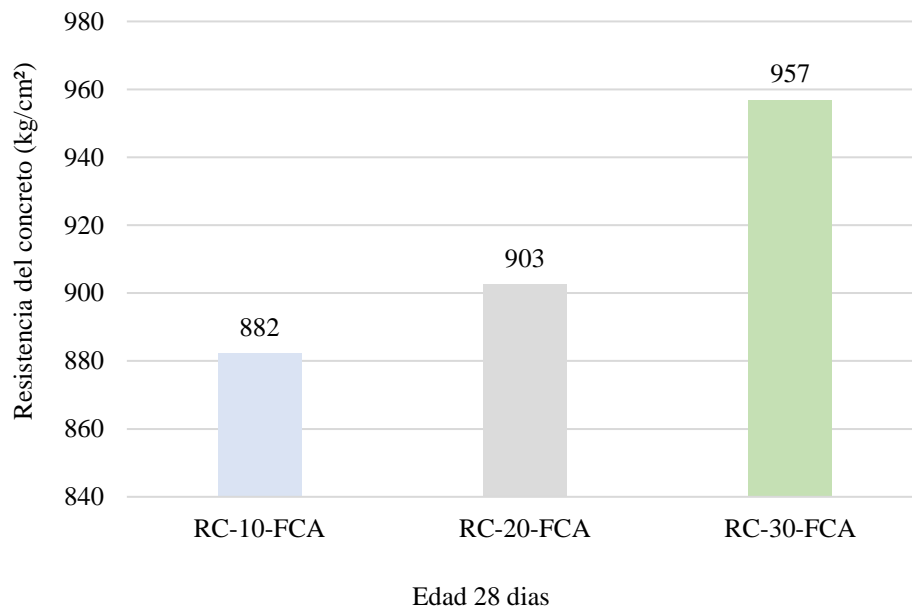
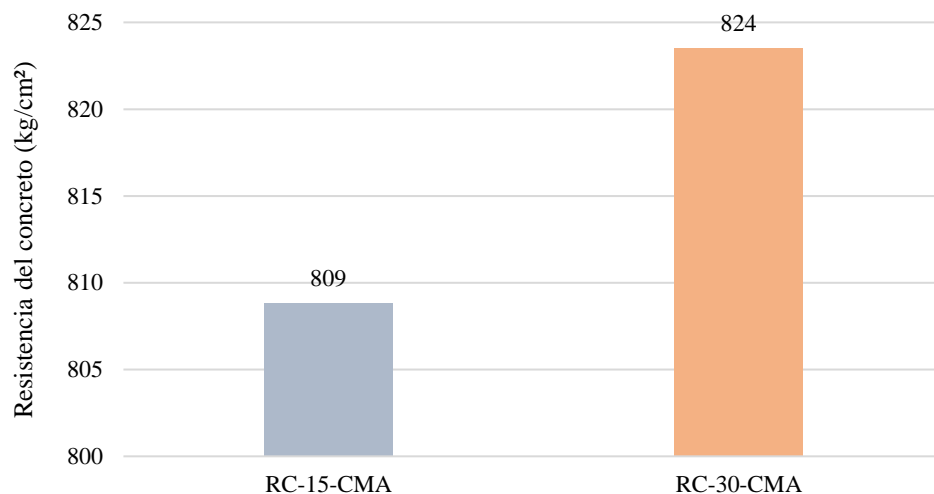


Figura 4: Resistencia a la compresión en para ensayos de RC-10,20,30 FCA

Fuente: Elaboración propia



Ensayos realizados a los 28 días

Figura 5: Resistencia a la compresión en para ensayos de RC-15 y 30 CCA

Fuente: Elaboración propia

Amin et al , (2020).

ara propiedades de los agregados CWA, Arena, SF, MK y SP para SF10, SF20, SF30, y resistencia a la compresión, ver Tabla 4, Figura 6, Figura 7 y Figura 8.

	OPC	Agregados		SF	MK	SP
		CWA	Arena			
Referencia	1000	527	527	-	-	20
SF10	900	575	575	100	-	20
SF20	800	596	596	200	-	20
SF30	700	609	609	-	-	20

Para propiedades de los agregados CWA, Arena, SF, MK y SP para MK10, MK20, MK30

	OPC	Agregados		SF	MK	SP
		CWA	Arena			
Referencia	1000	527	527	-	-	20
MK10	900	570	570	-	100	20
MK20	800	582	582	-	200	20
MK30	700	547	547	-	300	20

Para propiedades de los agregados CWA, Arena, SF10MK10, SF20F1, MK20F1 y SF10MK10F1

	OPC	Agregados		SF	MK	SP
		CWA	Arena			
Referencia	1000	527	527	-	-	20
SF10MK10	800	621	621	100	100	20
SF20F1	800	588	588	200	0	20
MK20F1	800	573	573	0	200	20
SF10MK10F1	800	615	615	100	100	20

Tabla 4: Resistencia a la compresión de los diferentes diseños de mezcla.

ID de mezcla	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	
	7 días	28 días
RF	1 020	1 336
SF10	1 111	1 428
SF20	1 152	1 550
SF30	1 122	1 479
MK10	1 071	1 407
MK20	1 111	1 448
MK30	1 132	1 428
SF10MK10	1 224	1 509
SF20F1	1 132	1 632
MK20F1	1 152	1 611
SF10MK10F1	1 162	1 540

Fuente: Amin, et al (2020).M

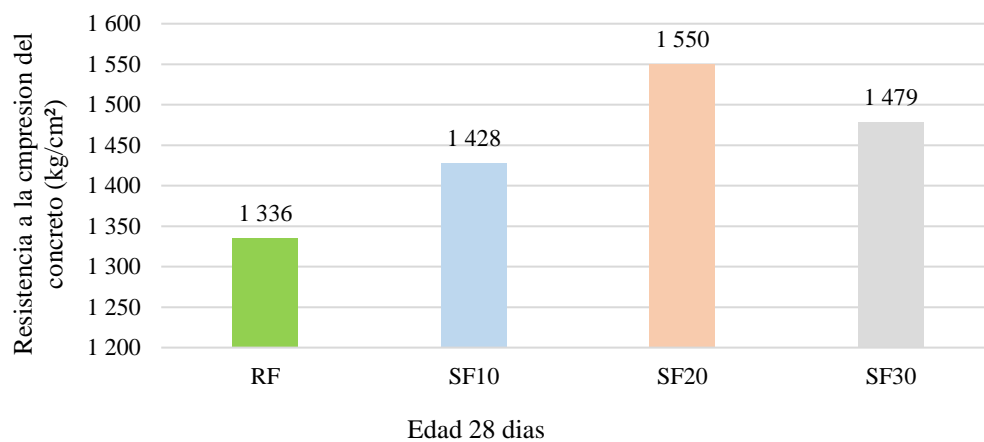


Figura 6: Resultados a la resistencia a la compresión de los diferentes diseños de mezcla RF, SF10, SF20 y SF30.

Fuente: Elaboración propia

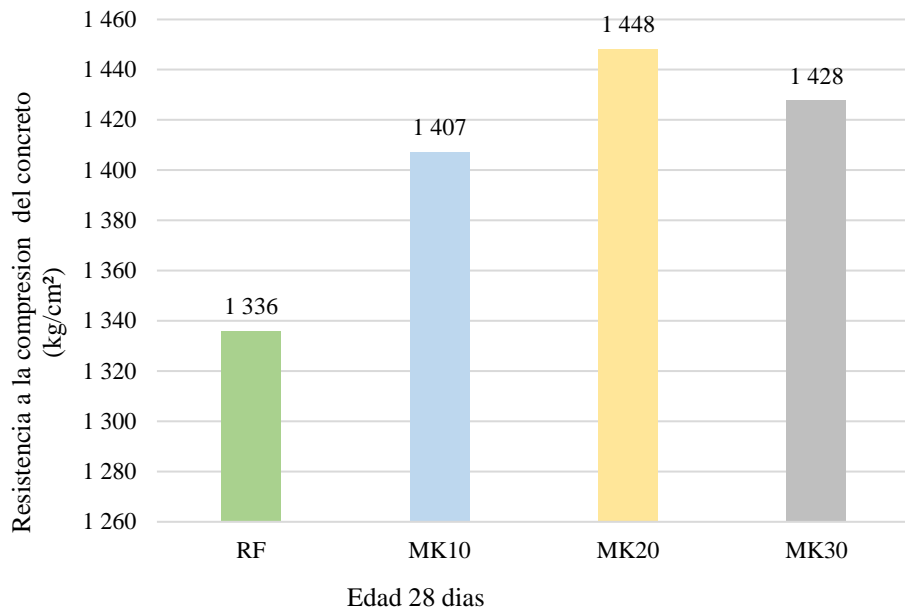


Figura 7: Resultados a la resistencia a la compresión de los diferentes diseños de mezcla RF, MK10, MK20 y MK30.

Fuente: Elaboración propia

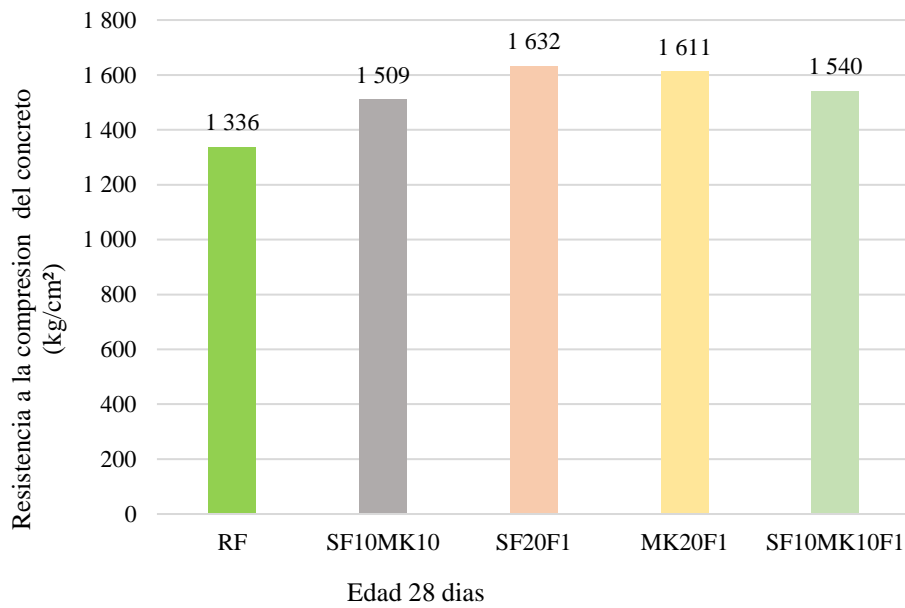


Figura 8: Resultados a la resistencia a la compresión de los diferentes diseños de mezcla RF, S10MK10, SF20F1, MK20F1 y SF10MK10F1.

Fuente: Elaboración propia

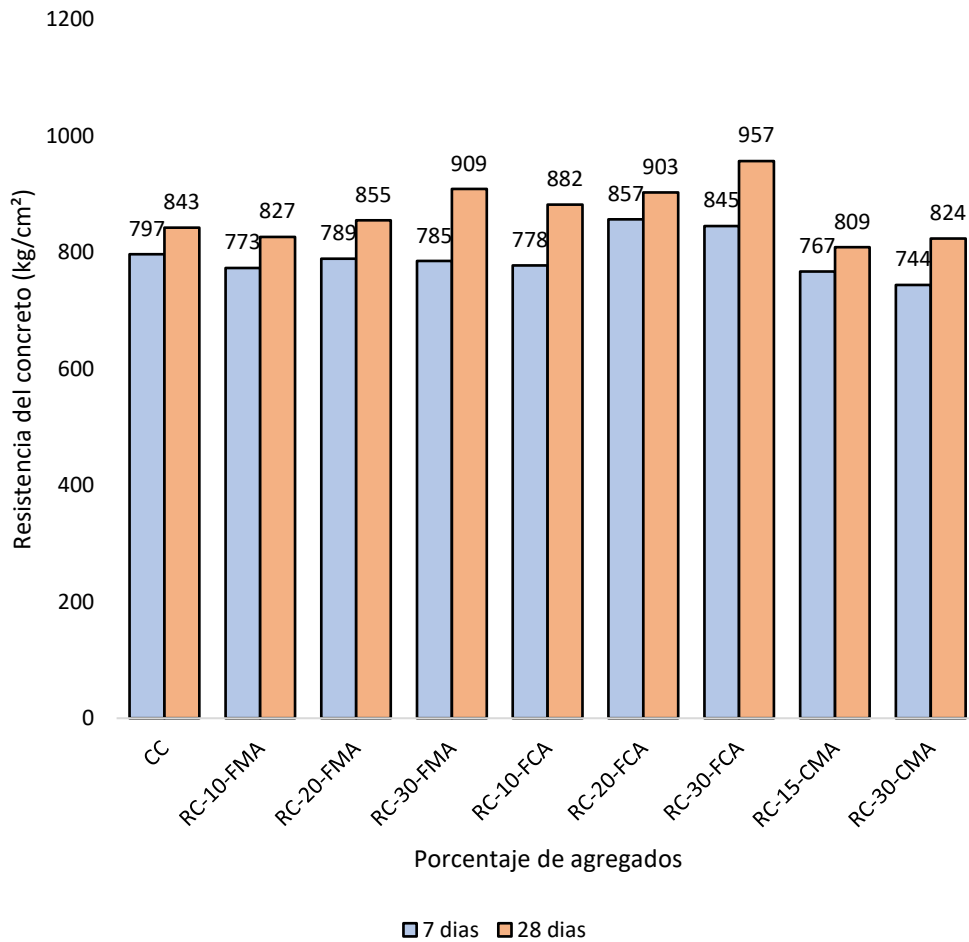


Figura 9: Resistencia a la compresión en diferentes diseños de mezcla de 7 y 28 días

Fuente: Etxeberria et al, (2018).

Siddique et al, (2018).

En el estudio se utilizó cemento Portland ordinario de grado 43. Arena de río que cumple con las especificaciones que tiene la densidad específica de 2.67 y la absorción de agua del 1% se utilizó como agregado fino. Como agregado grueso se usó agregado de piedra triturada disponible de forma natural que tenía una gravedad específica de 2.74 y una absorción de agua de 0.5%. Para el agregado cerámico de porcelana fina, los productos de desecho de una unidad de producción local de vajillas se trituraron para obtener la forma de agregado fino presenta las propiedades físicas y químicas del agregado cerámico de porcelana fina y resistencia a la compresión, ver Tabla 5, Figura 10, Figura 11, Figura 12 y Figura 13.

Tabla 5: Resistencia a la compresión en diferentes diseños de mezcla para los ensayos A, B y C

Mezcla	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )			Relación a/c
	7 días	28 días	180 días	
A0	255	398	522	0.35
A20	255	408	562	0.35
A40	272	461	622	0.35
A60	313	483	673	0.35
A80	326	442	727	0.35
A100	326	449	747	0.35
B0	211	319	418	0.45
B20	228	337	452	0.45
B40	241	364	522	0.45
B60	241	391	574	0.45
B80	248	370	669	0.45
B100	228	340	673	0.45
C0	184	224	348	0.55
C20	204	299	381	0.55
C40	214	337	427	0.55
C60	224	357	462	0.55
C80	204	309	486	0.55
C100	204	306	493	0.55

Fuente: Siddique et al, (2018).

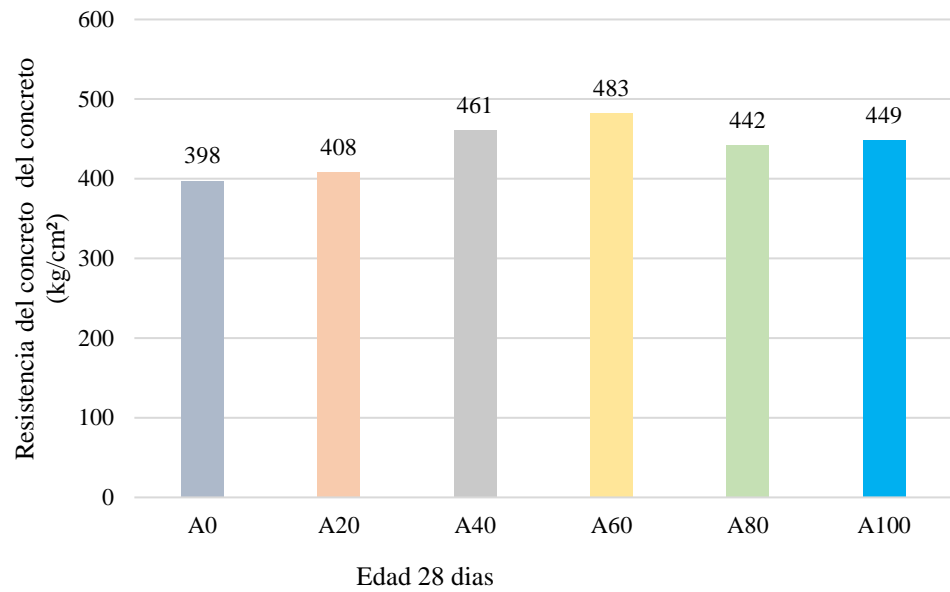


Figura 10: Resistencia a la compresión para los ensayos A0, A20, A40, A60, A80 y A100

Fuente: Elaboración propia

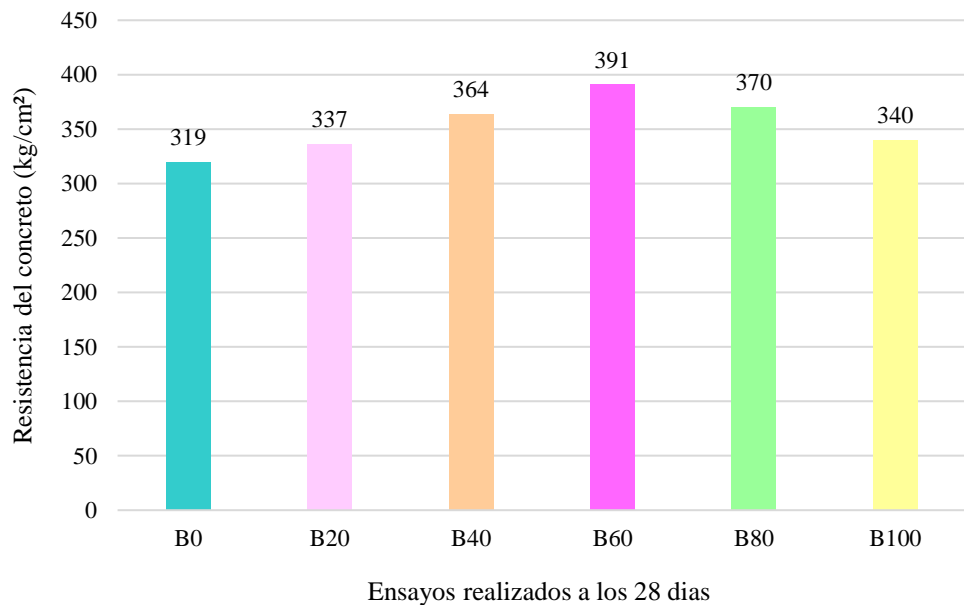


Figura 11: Resistencia a la compresión para los ensayos B0, B20, B40, B60, B80 y B100

Fuente: Elaboración propia

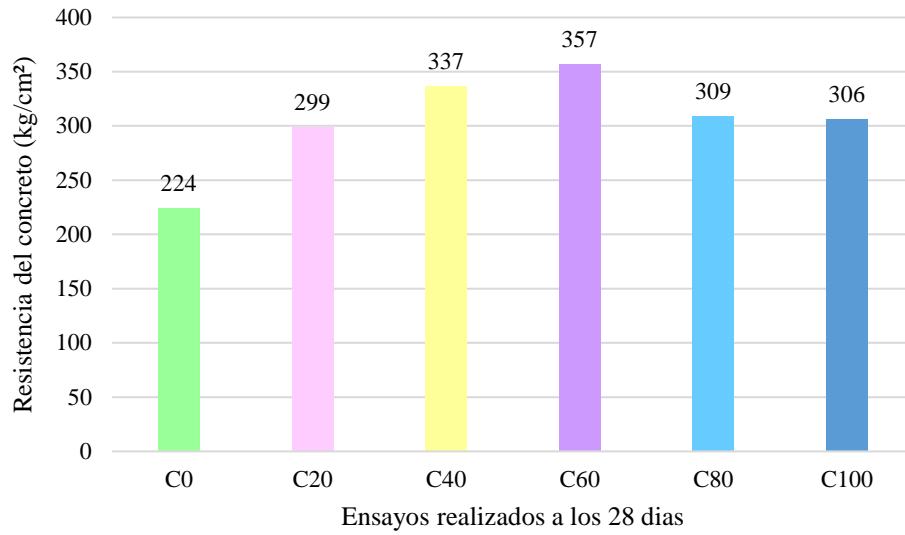


Figura 12: Resistencia a la compresión para los ensayos C0, C20, C40, C60, C80 y C100

Fuente: Elaboración propia

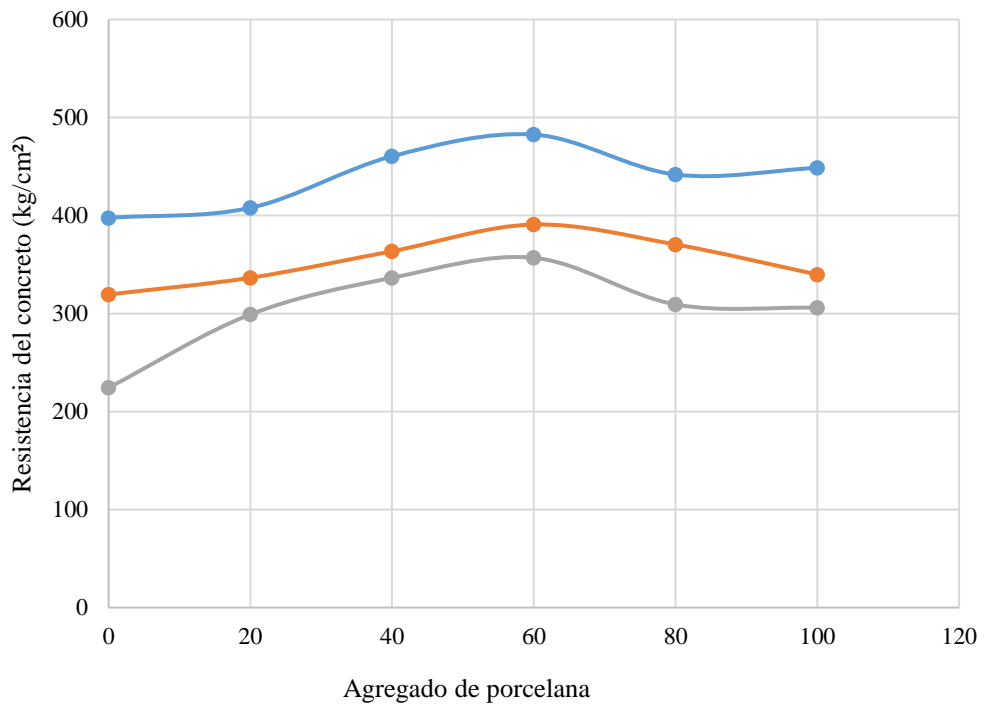


Figura 13: Resistencia a la compresión del concreto con agregados de residuos de porcelana

Fuente: Siddique, et al, (2018).



Manzi et al, (2013).

Las características establecidas de la influencia del tipo de agregado en las propiedades del concreto sustentan el uso de residuos cerámicos como sustituto porcentual

Ensayos realizados y cantidad óptima de los ensayos cerámicos: ver en la Tabla 6, Figura 14, Figura 15, Figura 16, Figura 17 y Figura 18.

	CC
Relación agua / cemento	0,48
Cemento (kg /m <sup>3</sup> )	350
Agua (kg /m <sup>3</sup> )	168
Cantidad total de agregado (kg /m <sup>3</sup> )	1800
N / A (kg / m <sup>3</sup> )	1800
RA (kg / m <sup>3</sup> )	0
Superplastificante (%)	1
Asentamiento (cm)	19
	RC1
Relación agua / cemento	0,48
Cemento (kg /m <sup>3</sup> )	350
Agua (kg /m <sup>3</sup> )	168
Cantidad total de agregado (kg /m <sup>3</sup> )	1750
N / A (kg / m <sup>3</sup> )	1331
RA (kg / m <sup>3</sup> )	419
Superplastificante (%)	1.2
Asentamiento (cm)	10
	RC2
Relación agua / cemento	0,48
Cemento (kg /m <sup>3</sup> )	350
Agua (kg /m <sup>3</sup> )	168
Cantidad total de agregado (kg /m <sup>3</sup> )	1699
N / A (kg / m <sup>3</sup> )	675
RA (kg / m <sup>3</sup> )	1024
Superplastificante (%)	1
Asentamiento (cm)	20
	RC3
Relación agua / cemento	0,48
Cemento (kg /m <sup>3</sup> )	350
Agua (kg /m <sup>3</sup> )	168
Cantidad total de agregado (kg /m <sup>3</sup> )	1758
N / A (kg / m <sup>3</sup> )	1154

RA (kg / m <sup>3</sup> )	604
Superplastificante (%)	1.2
Asentamiento (cm)	21
	RC4
Relación agua / cemento	0,48
Cemento (kg /m <sup>3</sup> )	350
Agua (kg /m <sup>3</sup> )	168
Cantidad total de agregado (kg /m <sup>3</sup> )	1749
N / A (kg /m <sup>3</sup> )	1144
RA (kg /m <sup>3</sup> )	604
Superplastificante (%)	1.2
Asentamiento (cm)	13

Tabla 6: Resistencia a la compresión en diferentes diseños de mezcla CC, RC1, RC2, RC3 y RC4

Mezcla	F'c a 7d (kg/cm <sup>2</sup> )	F'c a 28d (kg/cm <sup>2</sup> )	Relación a/c
CC	374	421	0.48
RC1	458	524	0.48
RC2	403	465	0.48
RC3	352	456	0.48
RC4	368	427	0.48

Fuente: Manzi et al, (2013).

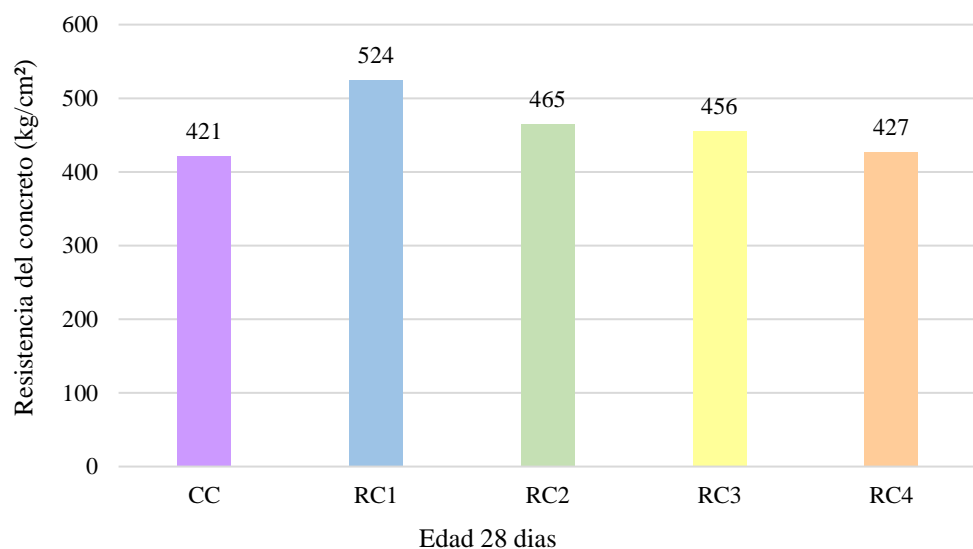


Figura 14: Resistencia a la compresión de 28 días en diferentes diseños de mezcla CC, RC1, RC2, RC3 Y RC4

Fuente: Elaboración propia

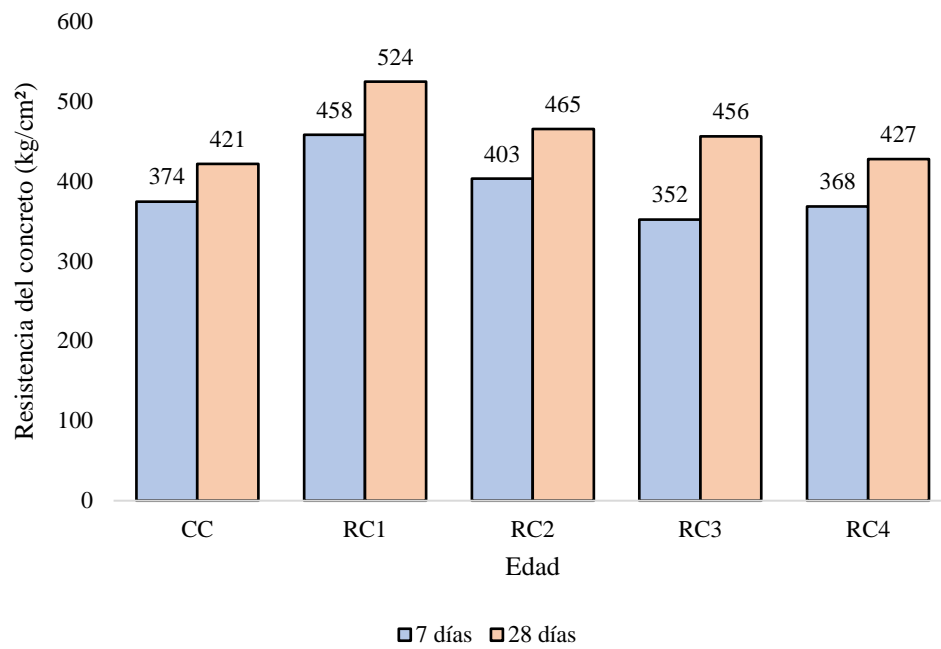


Figura 15: Resistencia a la compresión en diferentes diseños de mezcla de 7 días y 28 días

Fuente: Manzi, Mazzotti y Bigozzi, (2013).

Tabla 7: Resistencia a la compresión en diferentes diseños de mezcla para los ensayos A, B, C, D, E, F, G

Mezcla	Fuerza a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )		a/c
	7 días	28 días	
A	552	774	0.37
B	586	788	0.37
C	618	821	0.37
D	575	796	0.37
E	493	640	0.37
F	532	674	0.37
G	552	774	0.37

Fuente: Zareei, et al, (2019).

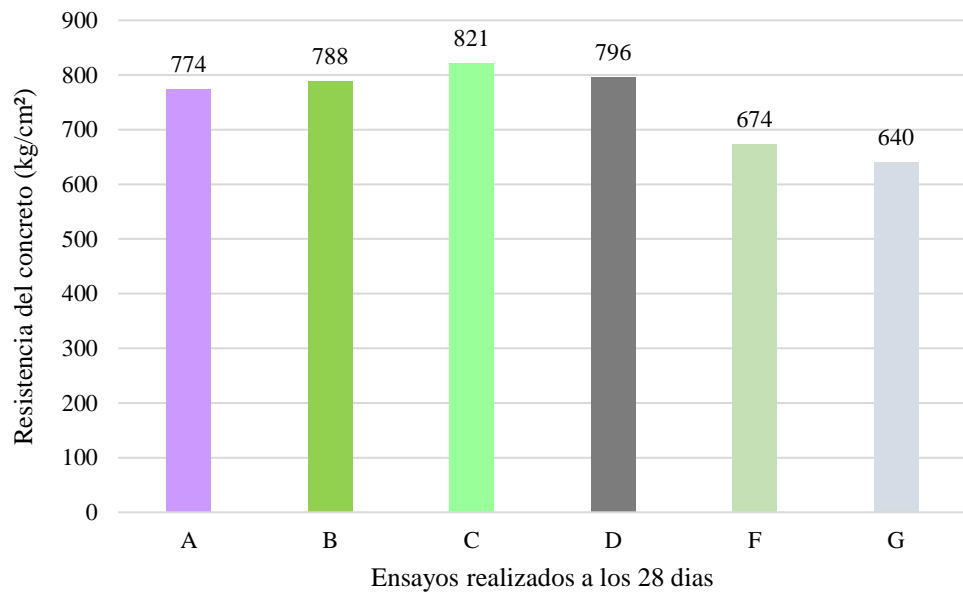


Figura 16: Resistencia a la compresión en diferentes diseños A, B, C, D, F y G

Fuente: Zareei, et al, (2019).

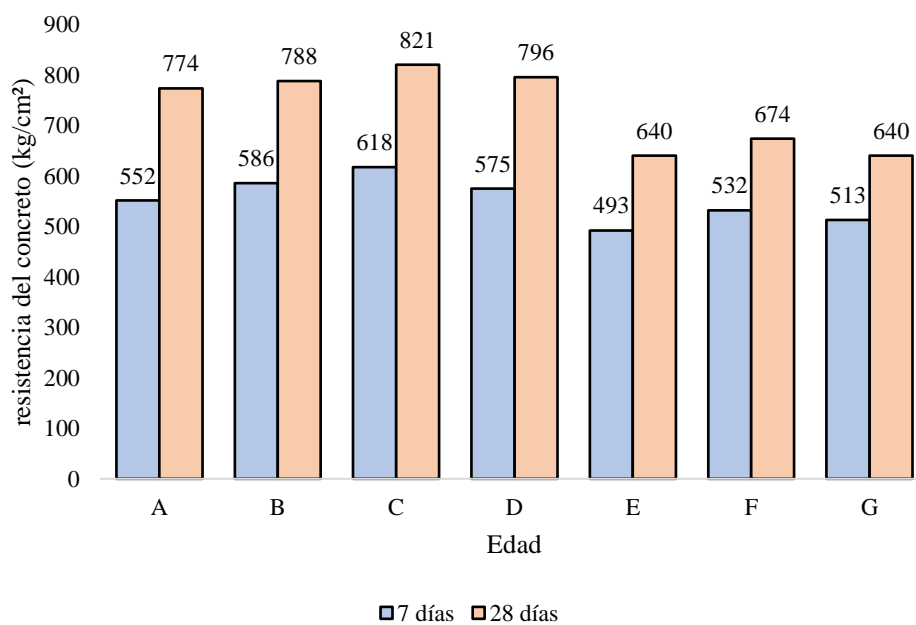


Figura 17: Resistencia a la compresión en diferentes diseños de mezcla para 7 y 28 días

Fuente: Zareei, et al, (2019).

Tabla 8: Comparativa del concreto patrón vs los diferentes porcentajes de residuos de cerámica en el agregado grueso.

Autor	Relación a/c	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )				
		Patrón	10% Residuos de cerámica	20% Residuos de cerámica	30% Residuos de cerámica	40% Residuos de cerámica
Miren Etxeberria y Andreu González-Corominas	0.32	797	773	789	785	-
Salman Siddique, Sandeep Shrivastava, Sandeep Chaudhary, Trilok Gupta	0.35	255	-	256	-	272
Seyed Alireza Zareei, Farshad Ameri, Nasrollah Bahrami, Parham Shoaeei, Hamid Reza Musaei, Foad Nurian	0.37	552	586	618	575	493
Salman Siddique, Sandeep Shrivastava, Sandeep Chaudhary, Trilok Gupta	0.45	211	-	228	-	241
S. Manzi, C. Mazzotti, M.C. Bigozzi	0.48	374	458	403	352	368
Salman Siddique, Sandeep Shrivastava, Sandeep Chaudhary, Trilok Gupta	0.55	184	-	204	-	214

Fuente: Elaboración propia.

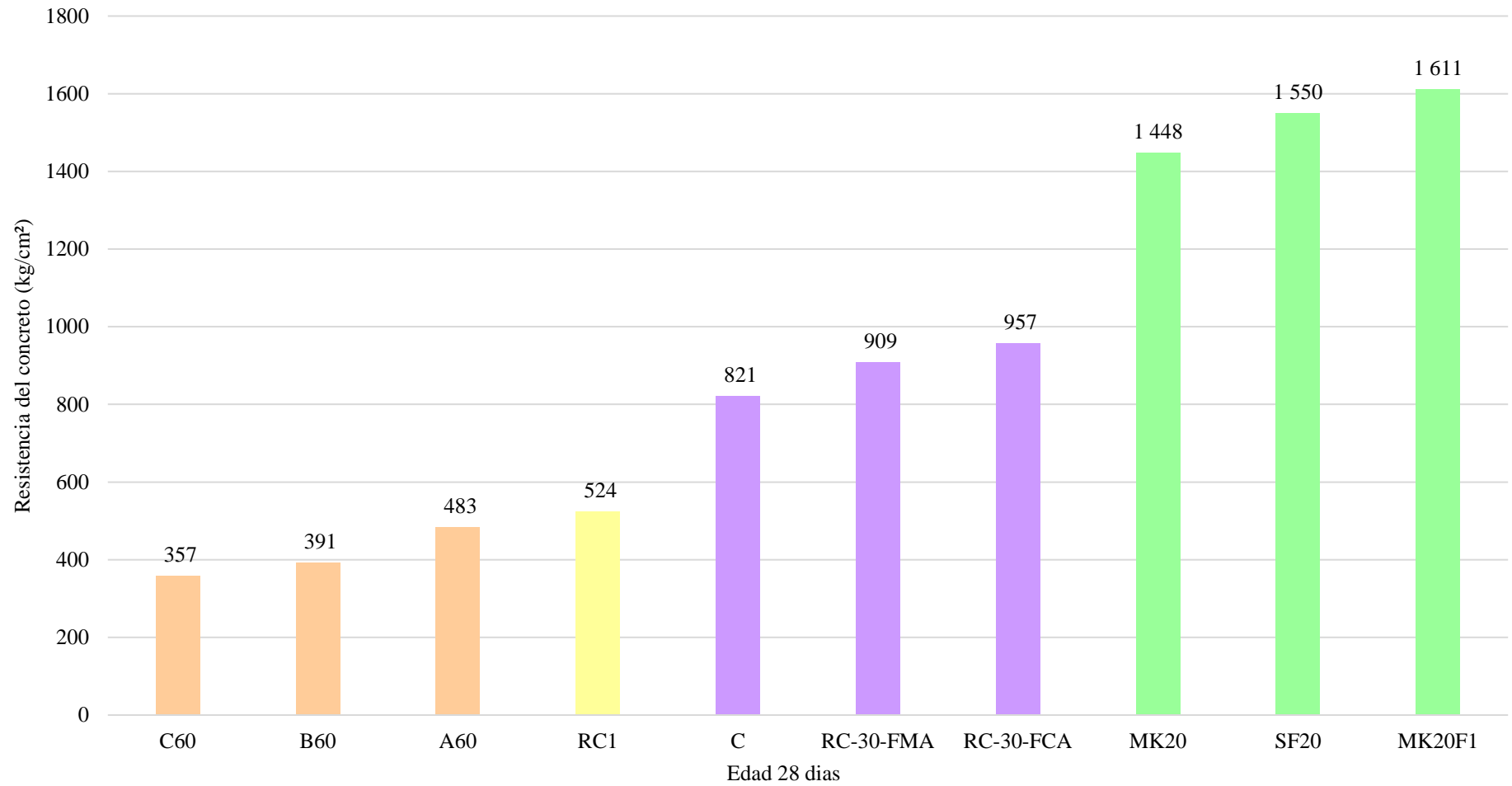


Figura 18: Ensayos con porcentaje óptimo realizados a los 28 días vs Resistencia del concreto.

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2 Objetivo 2: Determinar el óptimo porcentaje de residuos para incrementar la resistencia a tracción

- b. Determinar el óptimo porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso para incrementar la resistencia a la tracción.

Etxeberria y González (2018).

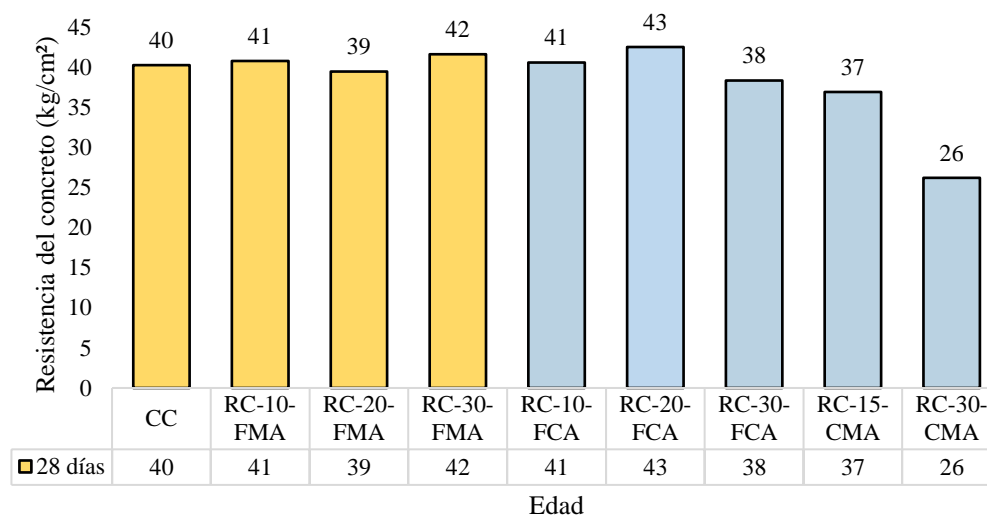
Las características establecidas de la influencia del tipo de agregado en las propiedades del concreto sustentan el uso de residuos cerámicos como sustituto porcentual para mejorar la resistencia a la tracción.

Ensayos realizados y cantidad óptima de los ensayos cerámicos: ver en la Tabla 9 y Figura 19

Tabla 9: Resistencia a la tracción en diferentes diseños de mezcla para ensayos RC10,20,10,20,30,15 y 30 FMA

Tipo de referencia	Resistencia a la tracción (kg/cm <sup>2</sup> )
	28 días
CC	40
RC-10-FMA	41
RC-20-FMA	39
RC-30-FMA	42
RC-10-FCA	41
RC-20-FCA	43
RC-30-FCA	38
RC-15-CMA	37
RC-30-CMA	26

Fuente: Etxeberria y González-Corominas, (2018).



Ensayos porcentaje óptimo realizados a los 28 días

Figura 19: Resistencia a la tracción en diferentes diseños de mezcla CC, FMA10,20,30

Fuente: Etxeberria et al, (2018).

Amin, Tayeh y Saad, (2020).

Las características establecidas de la influencia del tipo de agregado en las propiedades del concreto sustentan el uso de residuos cerámicos como sustituto porcentual para mejorar la resistencia a la tracción.

Ensayos realizados y cantidad óptima de los ensayos cerámicos: ver en la Tabla 10 y Figura 20.

Tabla 10: Resistencia a la tracción en diferentes diseños de mezcla A0,20,60,80 y 100

Tipo de referencia	Resistencia a la tracción (kg/cm <sup>2</sup> )
	28 días
A0	41
A20	42
A40	43
A60	48
A80	51
A100	52

Fuente: Amin et al, (2020).



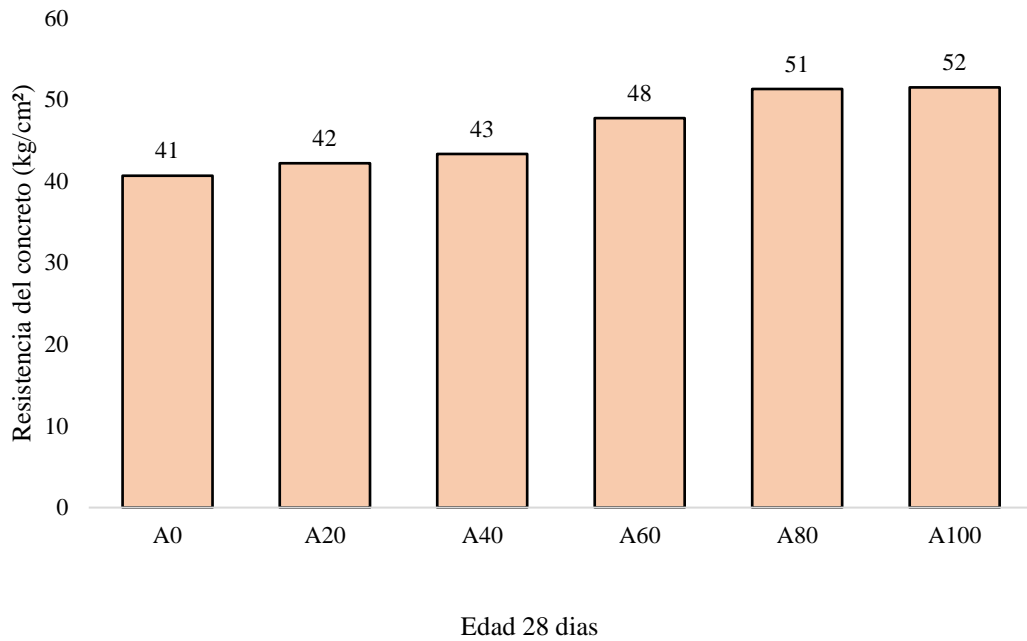


Figura 20: Resistencia a la tracción en diferentes diseños de mezcla para relación  $a/c = 0.35$ .

Fuente: Amin, Tayeh y Saad, (2020).

Zareei, et al, (2019).

Las características establecidas de la influencia del tipo de agregado en las propiedades del concreto sustentan el uso de residuos cerámicos como sustituto porcentual para mejorar la resistencia a la tracción.

Ensayos realizados y cantidad óptima de los ensayos cerámicos: ver en la Tabla 11 y Figura 21.

Tabla 11: Resistencia a la tracción en diferentes diseños de mezcla para A, B, C, D, E, F y G

Tipo de referencia	Resistencia a la tracción (kg/cm²)
	28 días
A	50
B	52
C	55
D	53
E	58
F	60
G	60

Fuente: Zareei, et al, (2019).

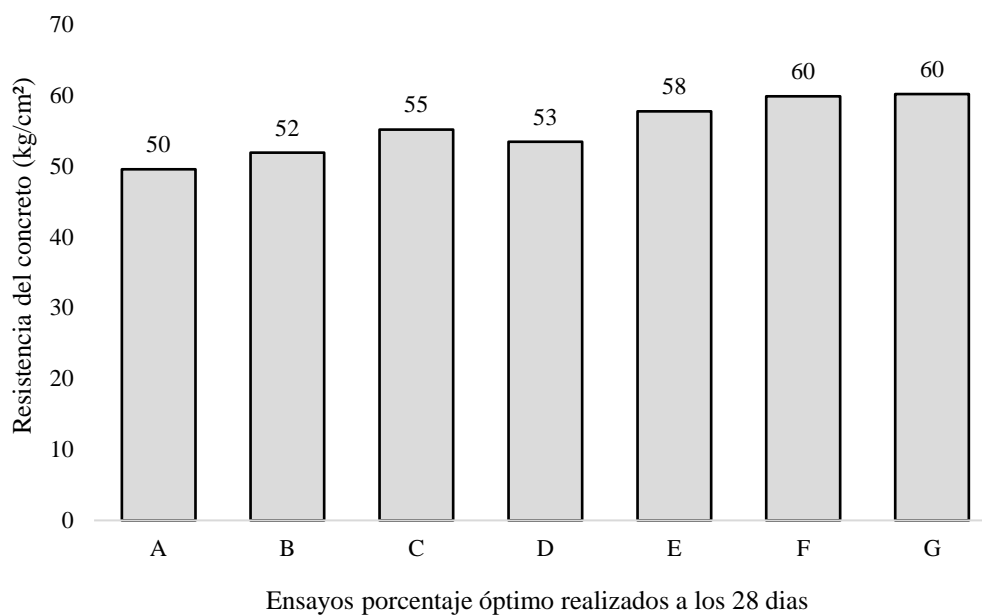


Figura 21: Resistencia a la tracción en diferentes diseños de mezcla ensayos A, B, C, D, E, F y G

Fuente: Zareei, et al, (2019).

Amin et al, (2020).

Las características establecidas de la influencia del tipo de agregado en las propiedades del concreto sustentan el uso de residuos cerámicos como sustituto porcentual para mejorar la resistencia a la tracción.

Ensayos realizados y cantidad óptima de los ensayos cerámicos: ver en la Tabla 12 y Figura 22.

Tabla 12: Resistencia a la tracción en diferentes diseños de mezcla para B, 0,20,40,60,80 y 100

Tipo de referencia	Resistencia a la tracción (kg/cm²)
	28 días
B0	29
B20	30
B40	40
B60	37
B80	37
B100	40

Fuente: Amin, Tayeh y Saad, (2020).

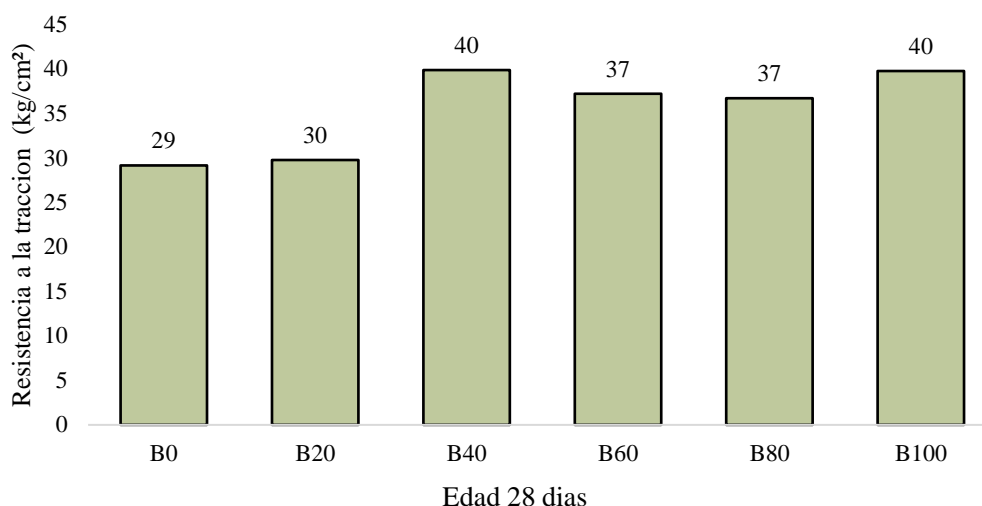


Figura 22: Resistencia a la tracción en diferentes diseños de mezcla para el ensayo B0,20,40,60,80 y 100

Fuente: Amin, et al ,(2020).

Manzi et al, (2013).

Las características establecidas de la influencia del tipo de agregado en las propiedades del concreto sustentan el uso de residuos cerámicos como sustituto porcentual para mejorar la resistencia a la tracción.

Ensayos realizados y cantidad óptima de los ensayos cerámicos: ver en la Tabla 13 y Figura 23.

Tabla 13: Resistencia a la tracción en diferentes diseños de mezcla para diseño CC, RC1, RC2, RC3 y RC4

Tipo de referencia	Resistencia a la tracción (kg/cm <sup>2</sup> )
	28 días
CC	39
RC1	33
RC2	31
RC3	42
RC4	34

Fuente: Manzi et al, (2013).

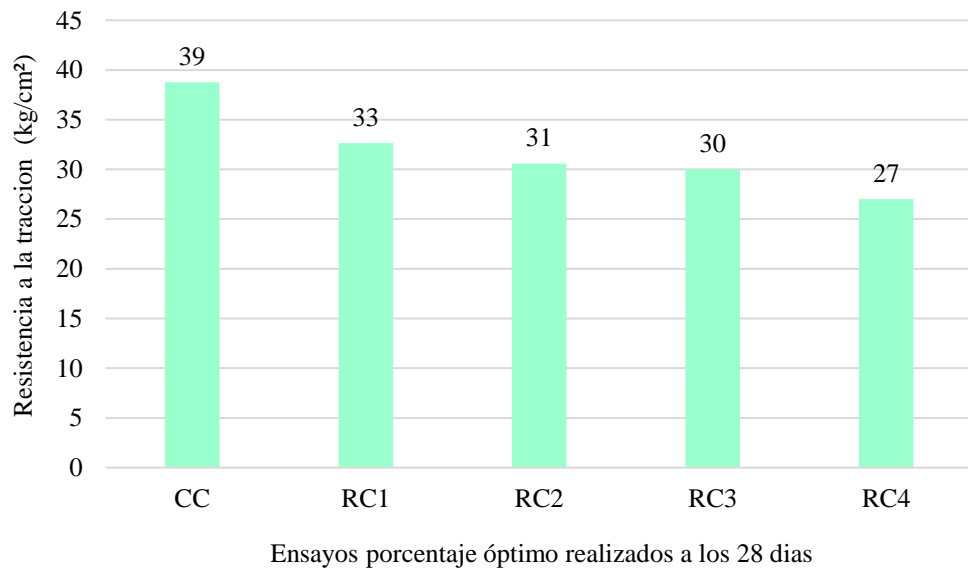


Figura 23: Resistencia a la tracción en diferentes diseños de CC, RC1, RC2, RC3 y RC4

Fuente: Manzi et al, (2013).

Amin et al, (2020).

Las características establecidas de la influencia del tipo de agregado en las propiedades del concreto sustentan el uso de residuos cerámicos como sustituto porcentual para mejorar la resistencia a la tracción.

Ensayos realizados y cantidad óptima de los ensayos cerámicos: ver en la Tabla 14,15, Figura 24 y 25.

Tabla 14: Resistencia a la tracción en diferentes diseños de mezcla C0,20,40,60,80 y 100

Tipo de referencia	Resistencia a la tracción (kg/cm²)
	28 días
C0	29
C20	36
C40	36
C60	36
C80	34
C100	37

Fuente: Amin et al, (2020).

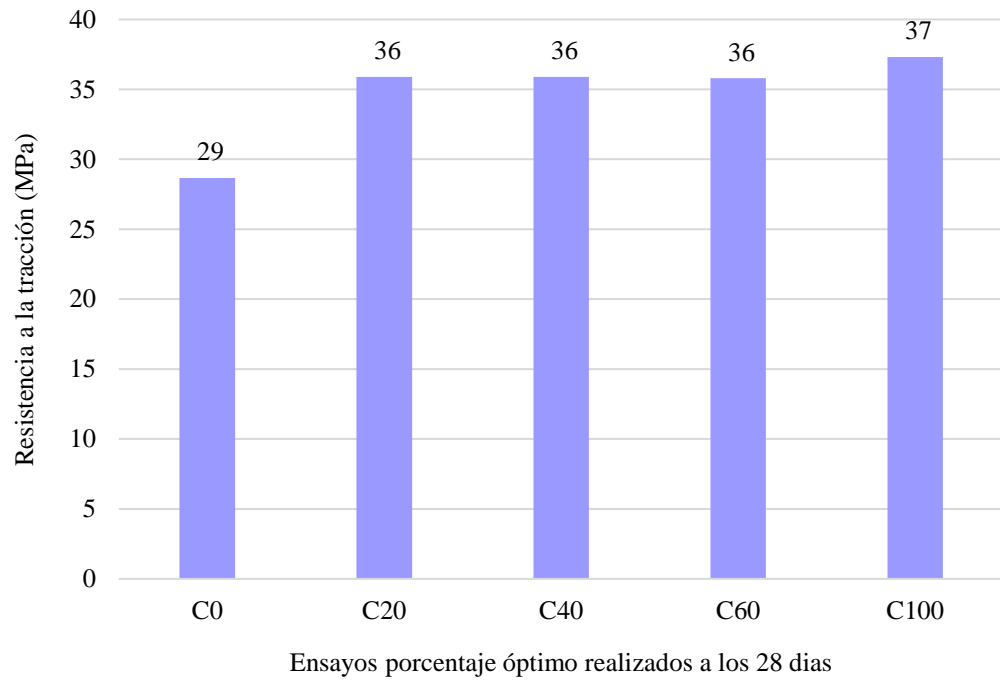


Figura 24: Resistencia a la tracción en diferentes diseños de mezcla C0,20,40,60 y 100

Fuente: Amin, Tayeh y Saad, (2020).

Tabla 15: Comparativa del concreto patrón vs los diferentes porcentajes de residuos de cerámica en el agregado grueso.

Autor	Relación a/c	Resistencia a la tracción (kg/cm <sup>2</sup> )				
		Patrón	10% Residuos de cerámica	20% Residuos de cerámica	30% Residuos de cerámica	40% Residuos de cerámica
Miren Etxeberria y Andreu González-Corominas	0.32	40	41	39	42	-
Salman Siddique, Sandeep Shrivastava, Sandeep Chaudhary, Trilok Gupta	0.35	41	-	42	-	43
Seyed Alireza Zareei, Farshad Ameri, Nasrollah Bahrami, Parham Shoaee, Hamid Reza Musaei, Foad Nurian	0.37	50	52	55	53	58
Salman Siddique, Sandeep Shrivastava, Sandeep Chaudhary, Trilok Gupta	0.45	29	-	30	-	40
S. Manzi, C. Mazzotti, M.C. Bignozzi	0.48	39	33	31	42	34
Salman Siddique, Sandeep Shrivastava, Sandeep Chaudhary, Trilok Gupta	0.55	29	-	36	-	36

Fuente: Elaboración propia.

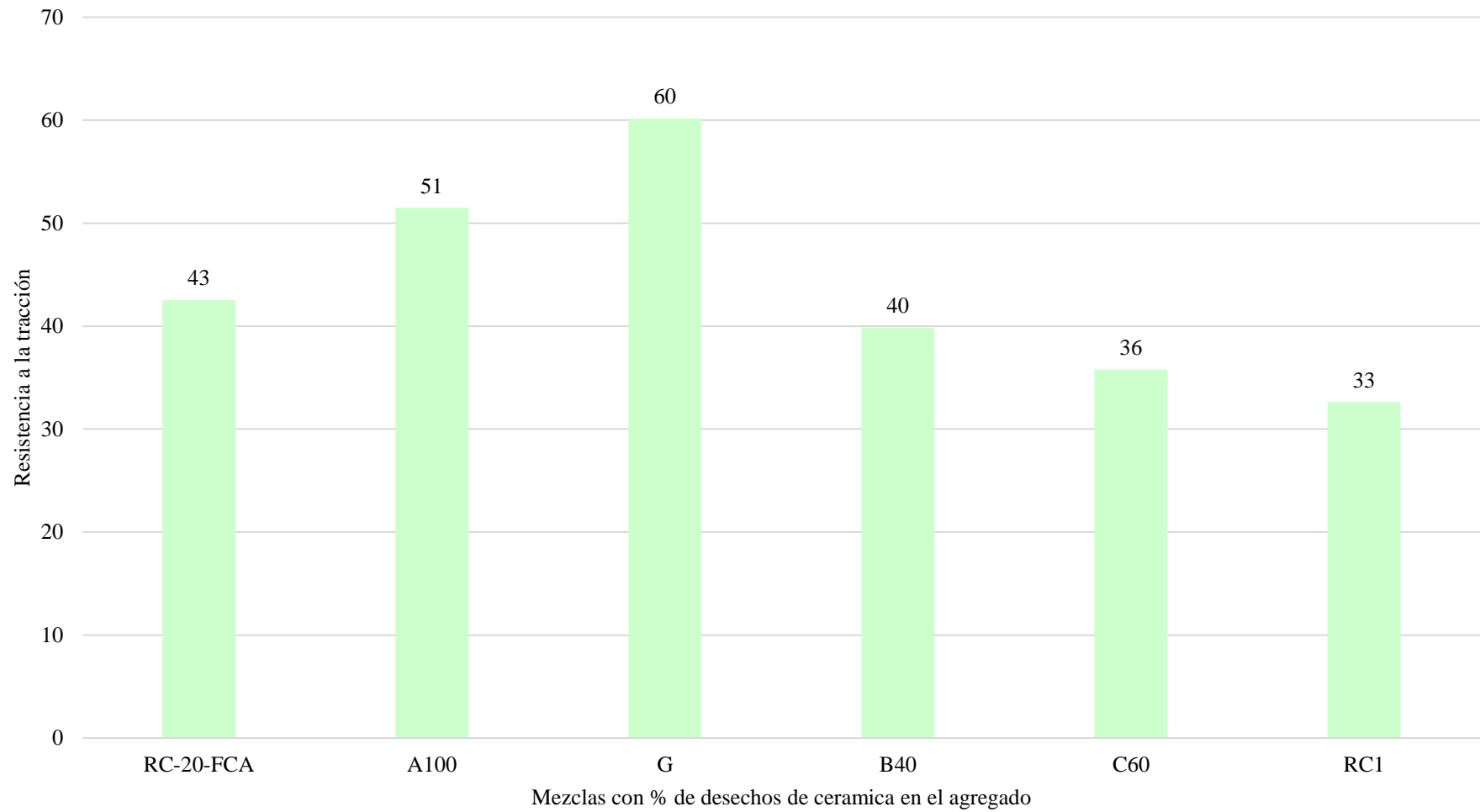


Figura 25: Resistencia a la tracción vs Mezcla del porcentaje de cerámica

Fuente: Elaboración propia.

5.2.3 Objetivo 3: Determinar óptimo el porcentaje óptimo para mejorar el módulo de elasticidad

- c. Determinar el óptimo porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso para incrementar el módulo de elasticidad.

Etxeberria et al (2018).

Las características establecidas de la influencia del tipo de agregado en las propiedades del concreto sustentan el uso de residuos cerámicos como sustituto porcentual para mejorar el módulo de elasticidad

Ensayos realizados y cantidad óptima de los ensayos cerámicos: ver en la Tabla 16 y Figura 26.

Tabla 16: Módulo de elasticidad en diferentes diseños de mezcla para ensayos RC FMA, FCA, CMA, 10,20 y 30.

Tipo de referencia	Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )
	28 días
CC	432 667
RC-10-FMA	441 131
RC-20-FMA	397 079
RC-30-FMA	385 454
RC-10-FCA	424 408
RC-20-FCA	420 227
RC-30-FCA	422 572
RC-15-CMA	420 431
RC-30-CMA	411 559

Fuente: Etxeberria et al (2018).



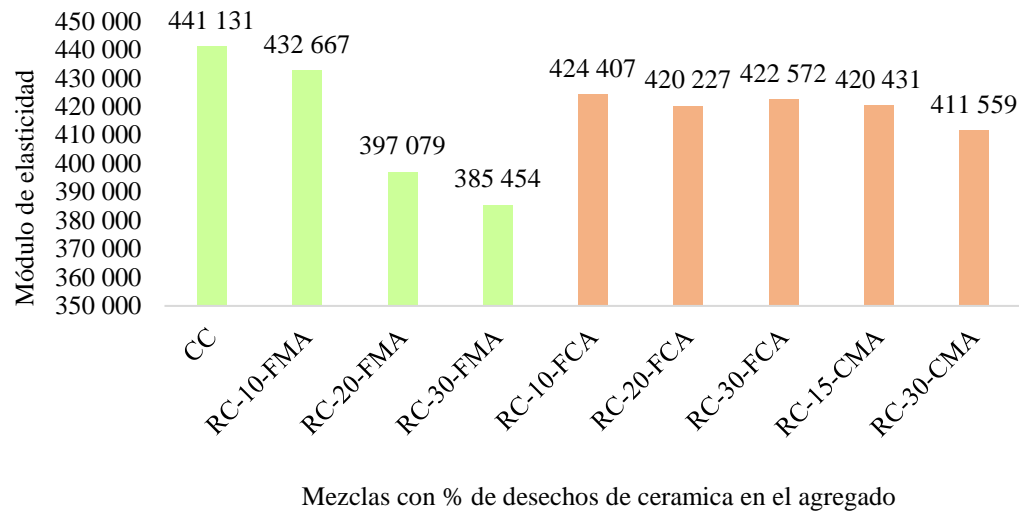


Figura 26: Módulo de elasticidad en diferentes diseños de mezcla para RCFMA, RCFCA y RCCMA

Fuente: Etxeberria et al, (2018).

Amin et al, (2020).

Las características establecidas de la influencia del tipo de agregado en las propiedades del concreto sustentan el uso de residuos cerámicos como sustituto porcentual para mejorar el módulo de elasticidad

Cantidad óptima de los ensayos cerámicos: ver en la Tabla 17 y Figura 27.

Tabla 17: Módulo de elasticidad en diferentes diseños de mezcla para A0,20,40,60,80 y 100

Tipo de referencia	Módulo de elasticidad (kg/cm²)
	28 días
A0	324 271
A20	314 074
A40	435 420
A60	382 395
A80	353 843
A100	339 567

Fuente: Amin et al, (2020).

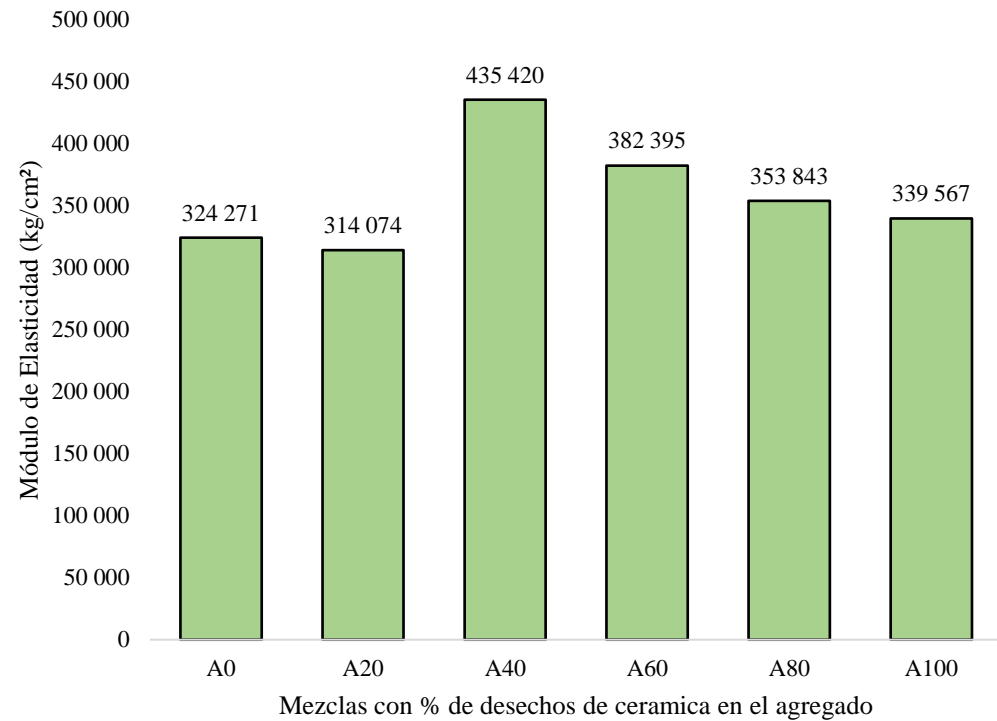


Figura 27: Módulo de elasticidad en diferentes diseños de mezcla vs Porcentaje de desechos cerámica A0, A20, A40, A60, A80 y A100

Fuente: Amin, Tayeh y Saad, (2020).

Zareei, et al, (2019).

Las características establecidas de la influencia del tipo de agregado en las propiedades del concreto sustentan el uso de residuos cerámicos como sustituto porcentual para mejorar el módulo de elasticidad

Ensayos realizados y cantidad óptima de los ensayos cerámicos: ver en la Tabla 18 y Figura 28.

Tabla 18: Módulo de elasticidad en diferentes diseños de mezcla A, B, C, D, E, F y G.

Tipo de referencia	Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	
	28 días	
A	424 204	
B	427 263	
C	436 440	
D	429 302	
E	404 829	
F	403 809	
G	396 671	

Fuente: Zareei, et al, (2019).

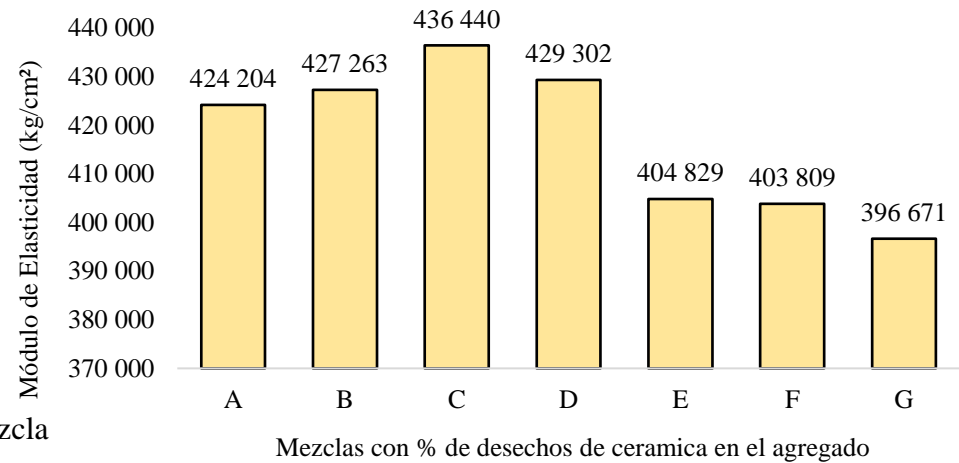


Figura 28: Módulo de elasticidad en diferentes diseño de mezcla

Fuente: Zareei, et al, (2019).

Amin et al, (2020).

Las características establecidas de la influencia del tipo de agregado en las propiedades del concreto sustentan el uso de residuos cerámicos como sustituto porcentual para mejorar el módulo de elasticidad

Ensayos realizados y cantidad óptima de los ensayos cerámicos: ver en la Tabla 19 y Figura 29.

Tabla 19: Módulo de elasticidad en diferentes diseños de mezcla para ensayos B0,20,40,60 ,80 y 100

Tipo de referencia	Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )
	28 días
B0	283 482
B20	299 798
B40	336 508
B60	332 429
B80	296 739
B100	319 172

Fuente: Amin et al, (2020).

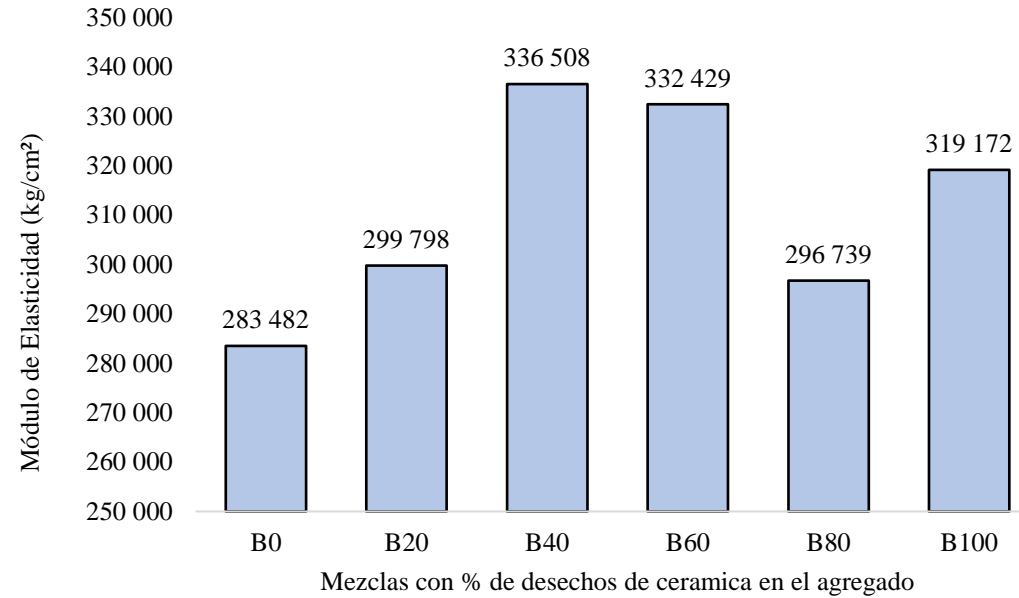


Figura 29: Módulo de elasticidad en diferentes diseños de mezcla para el diseño

B0, B20, B40, B60, B80 Y

B100

Fuente: Amin et al(2020).

Manzi et al (2013).

Las características establecidas de la influencia del tipo de agregado en las propiedades del concreto sustentan el uso de residuos cerámicos como sustituto porcentual para mejorar el módulo de elasticidad

Ensayos realizados y cantidad óptima de los ensayos cerámicos: ver en la Tabla 20 y Figura 30.

Tabla 20: Módulo de elasticidad en diferentes diseños de mezcla para diseño CC, RC 1,2,3 y 4

Tipo de referencia	Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )
	28 días
CC	320 192
RC1	308 975
RC2	253 910
RC3	274 305
RC4	312 034

Fuente: Manzi et al (2013).

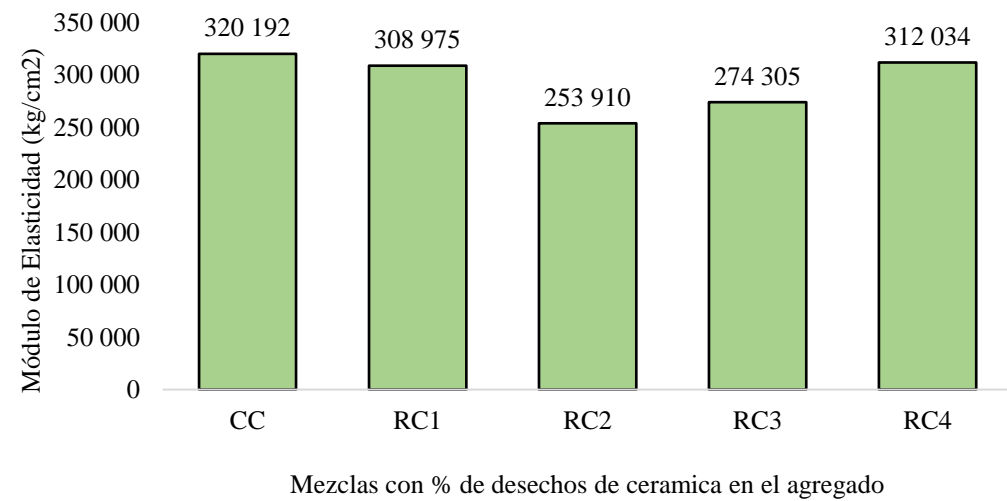


Figura 30: Módulo de elasticidad en diferentes diseños de mezcla para los ensayos CC, RC1, RC2, RC3 Y RC4

Fuente: Manzi et al, (2013).

Amin et al, (2020).

Las características establecidas de la influencia del tipo de agregado en las propiedades del concreto sustentan el uso de residuos cerámicos como sustituto porcentual para mejorar el módulo de elasticidad

Ensayos realizados y cantidad óptima de los ensayos cerámicos: ver en la Tabla 21 y Figura 31.

Tabla 21: Módulo de elasticidad en diferentes diseños de mezcla para el diseño C0, C20, C40, C60, C80 y C100

Tipo de referencia	Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )
	28 días
C0	249 831
C20	219 240
C40	252 891
C60	265 127
C80	280 423
C100	294 699

Fuente: Amin et al, (2020).

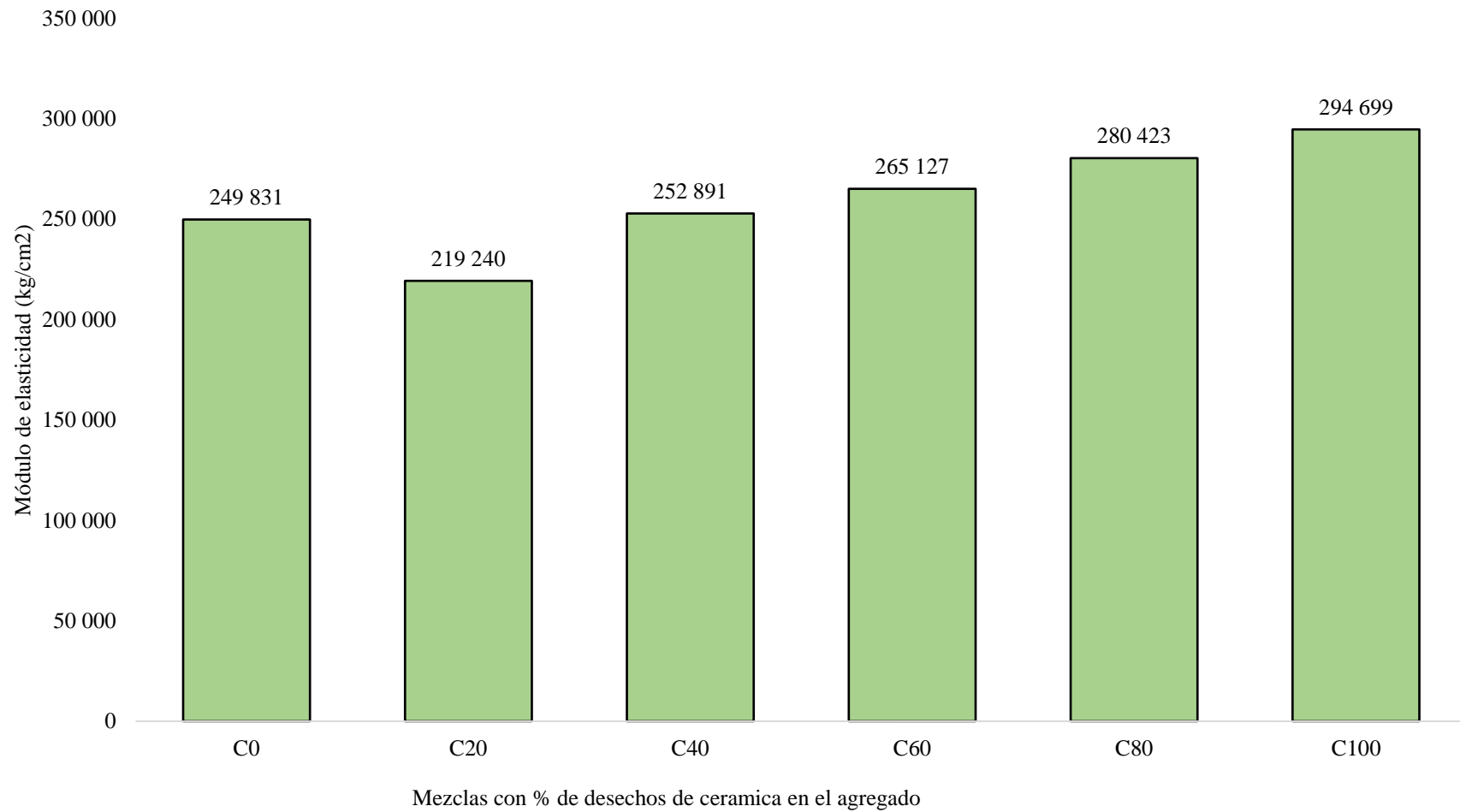


Figura 31: Módulo de elasticidad en diferentes diseños de mezcla para el diseño C0, C20, C40, C60, C80 y C100

Fuente: Amin et al, (2020).



Tabla 22: Comparativa del concreto en el módulo de elasticidad con respecto al patrón vs los diferentes porcentajes de residuos de cerámica en el agregado grueso.

Autor	Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )				
	Patrón	10% Residuos de cerámica	20% Residuos de cerámica	30% Residuos de cerámica	40% Residuos de cerámica
Miren Etxeberria y Andreu González-Corominas	432 667	441 131	397 079	385 454	-
Salman Siddique, Sandeep Shrivastava, Sandeep Chaudhary, Trilok Gupta	324 271	-	314 074	-	435 420
Seyed Alireza Zareei, Farshad Ameri, Nasrollah Bahrami, Parham Shoaeei, Hamid Reza Musaei, Foad Nurian	424 204	427 263	436 440	429 302	404 829
Salman Siddique, Sandeep Shrivastava, Sandeep Chaudhary, Trilok Gupta	283 482	-	299 798	-	336 508

---

S. Manzi, C. Mazzotti, M.C. Bignozzi	320 192	308 975	253 910	274 305	312 034
Salman Siddique, Sandeep Shrivastava, Sandeep Chaudhary, Trilok Gupta	249 831	-	219 240	-	336 508

---

Fuente: Elaboración propia.

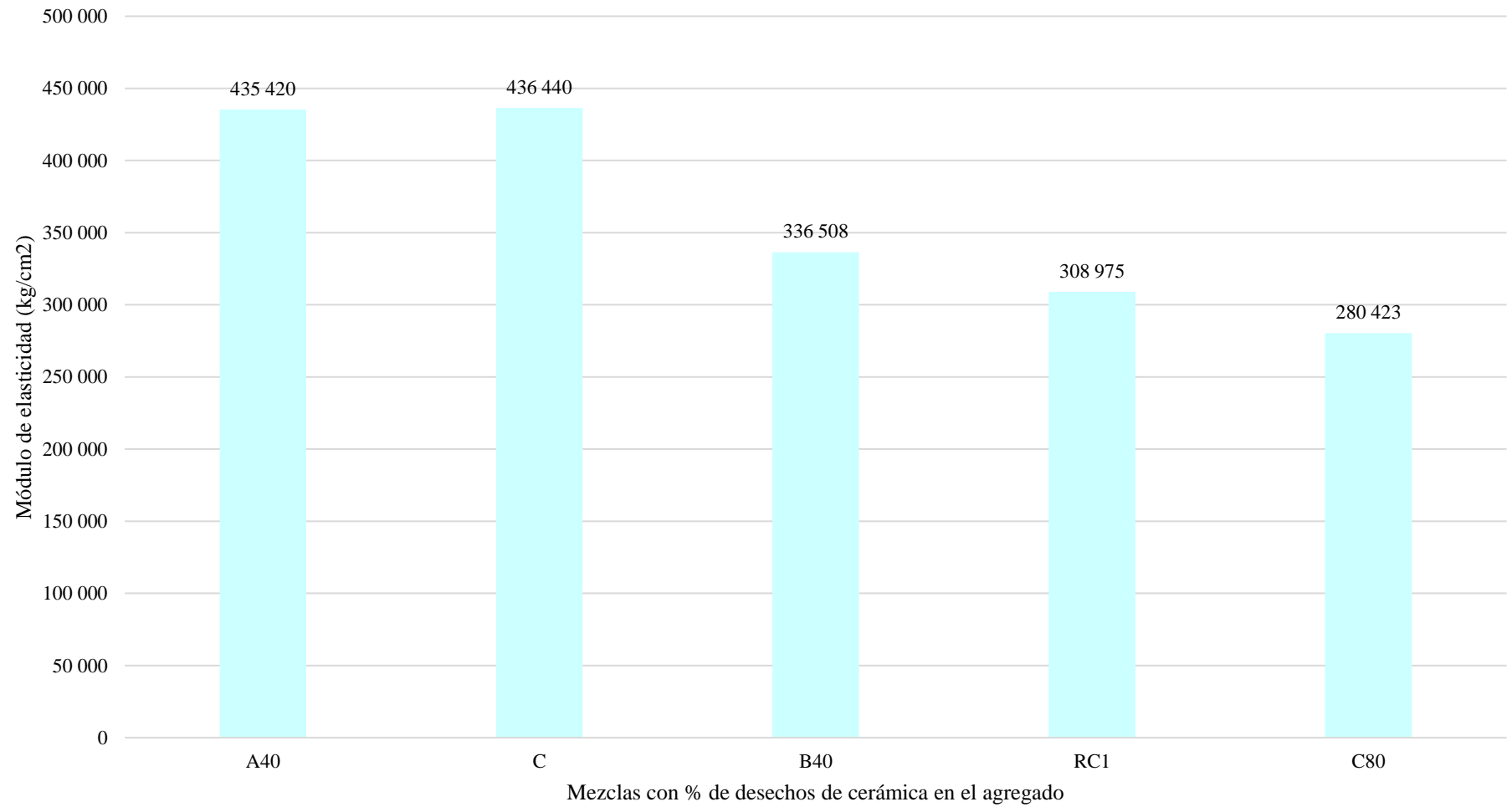


Figura 32: Comparativa del concreto con porcentaje óptimo en el módulo de elasticidad A40, C B40, RC1 y C80

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.2.4 Objetivo 4: Determinar el porcentaje óptimo de residuos para mejorar la permeabilidad

- d. Determinar el óptimo porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso para incrementar la permeabilidad.

Etxeberria et al, (2018).

Las características establecidas de la influencia del tipo de agregado en las propiedades del concreto sustentan el uso de residuos cerámicos como sustituto porcentual para mejorar su permeabilidad

Ensayos realizados y cantidad óptima de los ensayos cerámicos: ver en la Tabla 23 y Figura 33.

Tabla 23: Permeabilidad en diferentes diseños de mezcla para ensayo RCFMA, FCA y CMA

Tipo de referencia	Absorción de agua (%)
CC	2.62
RC-10-FMA	2.47
RC-20-FMA	2.72
RC-30-FMA	3.03
RC-10-FCA	2.37
RC-20-FCA	2.44
RC-30-FCA	2.54
RC-15-CMA	2.54
RC-30-CMA	3.2

Fuente: Etxeberria et al, (2018).

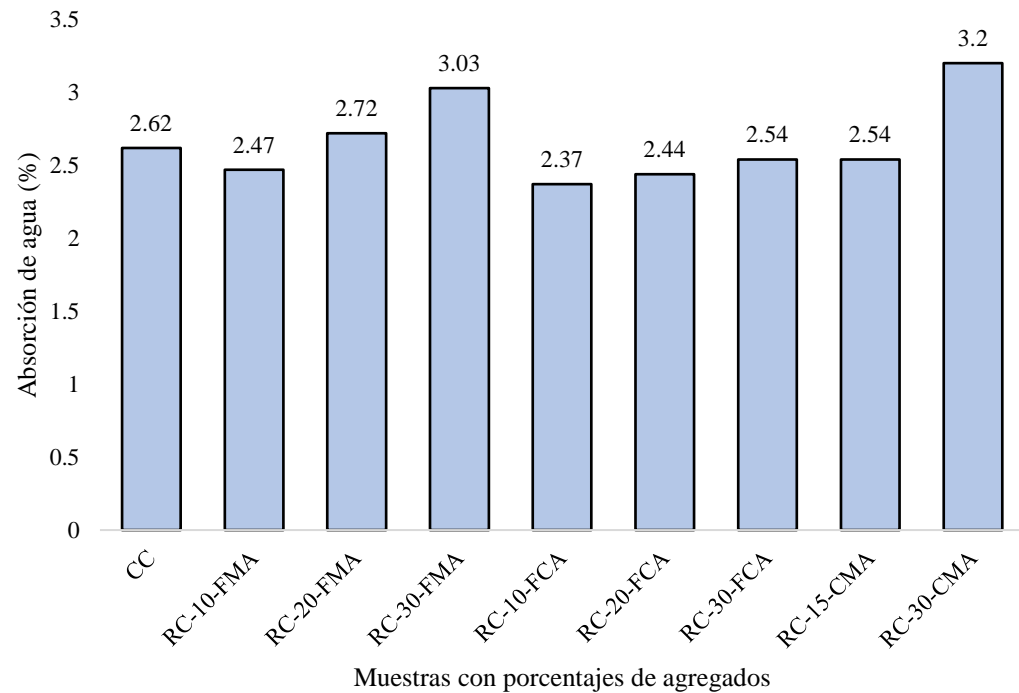


Figura 33: Permeabilidad en diferentes diseños de mezcla para relación a/c =0.32.

Fuente: Etxeberria et al, (2018).

Manzi et al, (2013).

Las características establecidas de la influencia del tipo de agregado en las propiedades del concreto sustentan el uso de residuos cerámicos como sustituto porcentual para mejorar su permeabilidad

Ensayos realizados y cantidad óptima de los ensayos cerámicos: ver en la Tabla 24 y Figura 34.

Tabla 24: Permeabilidad en diferentes diseños de mezcla para relación a/c =0.48.

Mezcla	Wa (%)
CC	6.1
RC1	6.2
RC2	9.3
RC3	9
RC4	7.8

Fuente: Manzi et al, (2013).

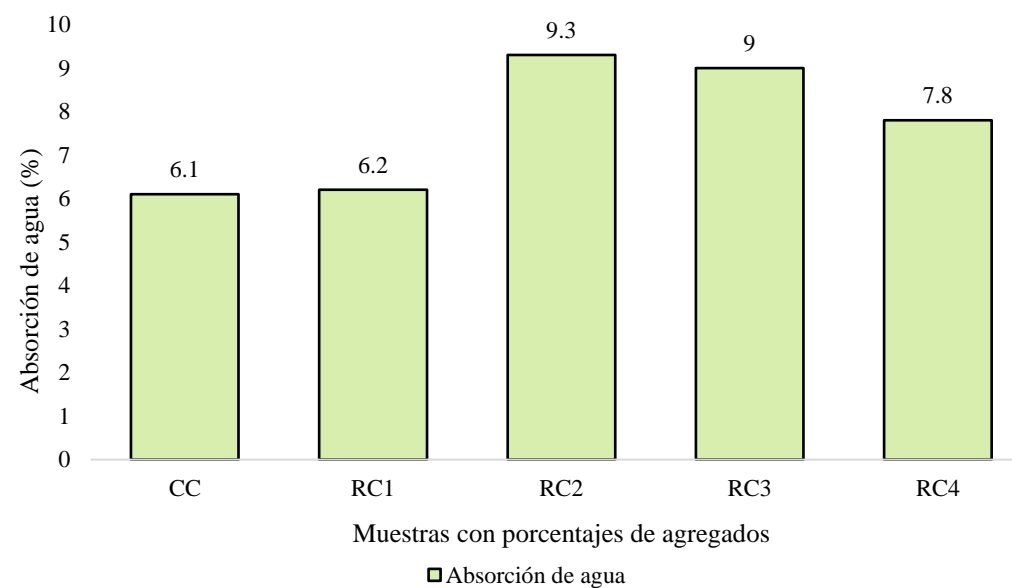


Figura 34: Permeabilidad en diferentes diseños de mezcla para el diseño de mezcla CC, RC1, RC2, RC3 y RC4

Fuente: Manzi et al(2013).

Amin et al (2020).

Las características establecidas de la influencia del tipo de agregado en las propiedades del concreto sustentan el uso de residuos cerámicos como sustituto porcentual para mejorar su permeabilidad

Ensayos realizados y cantidad óptima de los ensayos cerámicos: ver en la Tabla 25 y Figura 35.

Tabla 25: Permeabilidad en diferentes diseños de mezcla RF, SF y MK

ID de mezcla	Absorción (%)
RF	3.04
SF20	1.55
MK20	1.84
SF20F1	1.64
MK20F1	1.92

Fuente: Amin et al (2020).

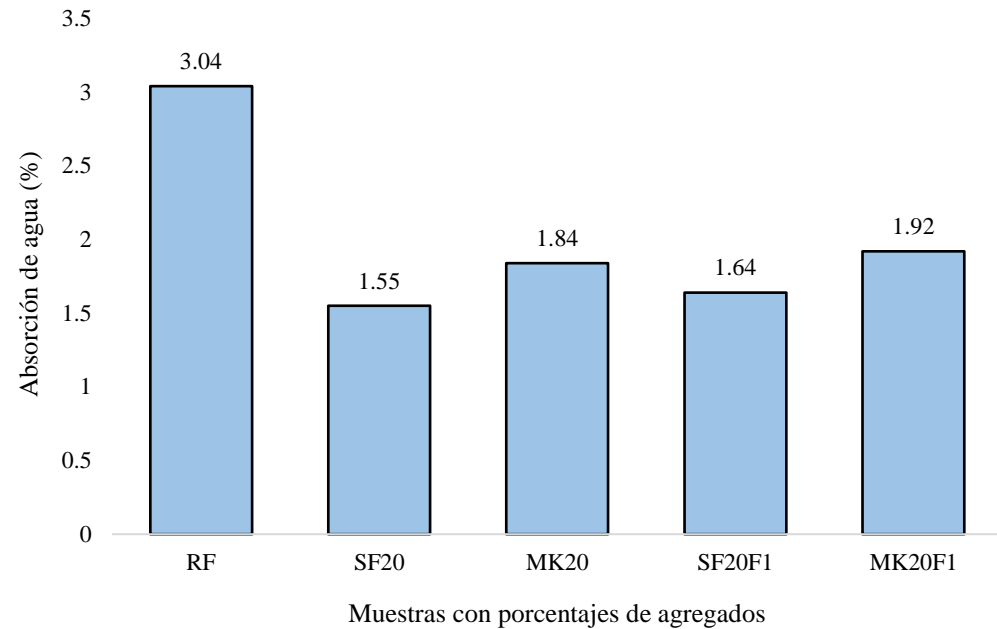


Figura 35: Permeabilidad en diferentes diseños de mezcla RF, SF 20, MK 20, SF20F1 y MK20F1

Fuente: Amin et al, (2020).

Rughooputh et al, (2017).

Las características establecidas de la influencia del tipo de agregado en las propiedades del concreto sustentan el uso de residuos cerámicos como sustituto porcentual para mejorar su permeabilidad

Ensayos realizados y cantidad óptima de los ensayos cerámicos: ver en la Tabla 26 y Figura 36.



Tabla 26: Permeabilidad en diferentes diseños de mezcla CC, RC1, RC2 Y RC3

Mezcla	Wa (%)
CC	3.7
RC1	4.3
RC2	5.1
RC3	5.9

Fuente: Rughooputh et al, (2017).

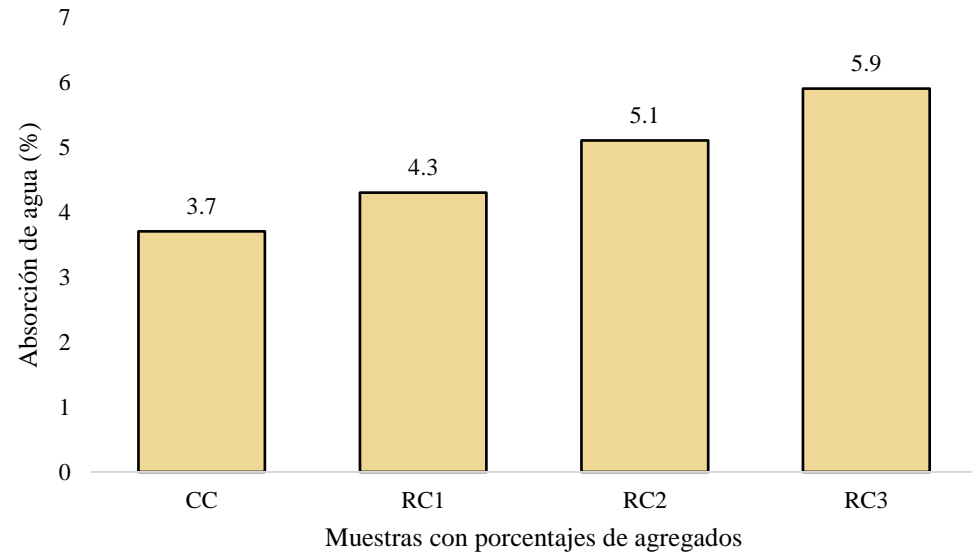


Figura 36: Permeabilidad en diferentes diseños de mezcla CC, RC1, RC2 y RC3

Fuente: Rughooputh et al, (2017).

Gonzalez et al, (2017).

Las características establecidas de la influencia del tipo de agregado en las propiedades del concreto sustentan el uso de residuos cerámicos como sustituto porcentual para mejorar su permeabilidad

Ensayos realizados y cantidad óptima de los ensayos cerámicos: ver en la Tabla 27 y Figura 37.

Tabla 27: Permeabilidad en diferentes diseños de mezcla. CC, RC1, RC2, RC3 Y RC4

Mezcla	Wa (%)
CC	2.98
RC1	3.04
RC2	3.17
RC3	4.29
RC4	5.04

Fuente: Gonzalez et al, (2017).

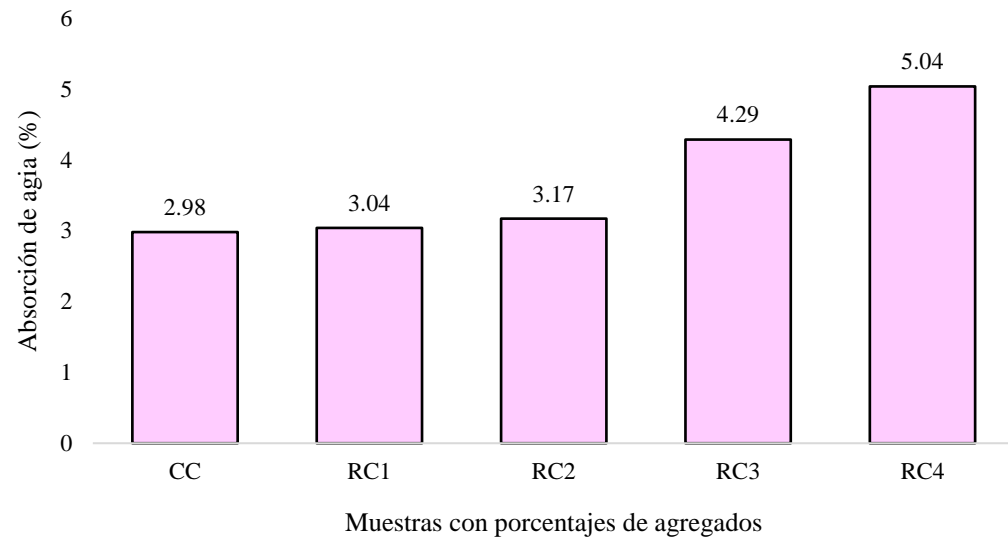


Figura 37: Permeabilidad en diferentes diseños de mezcla.

Fuente: Gonzalez et al, (2017).

Tabla 28: Comparativa de concreto patrón y diferentes porcentajes de residuos de cerámica.

Autores	Permeabilidad (%)				
	Patrón	10% Residuos de cerámica	20% Residuos de cerámica	30% Residuos de cerámica	40% Residuos de cerámica
Miren Etxeberria y Andreu González-Corominas	2.62	2.47	2.72	3.03	-
S. Manzi, C. Mazzotti, M.C. Bigozzi	6.1	6.2	9.3	9	7.8
Mohamed Amin, Bassam A. Tayeh, Ibrahim Saad Agwa	3.04	-	1.84		1.92
Reshma Rughooputh, Jaylina Oogarah Rana y Kishan Joorawon	3.7	4.3	5.1	5.9	-
Andreu González-Corominas, Miren Etxeberria y Chi-sun Poon	2.98	3.04	3.17	4.29	5.04

Fuente: Elaboración propia.

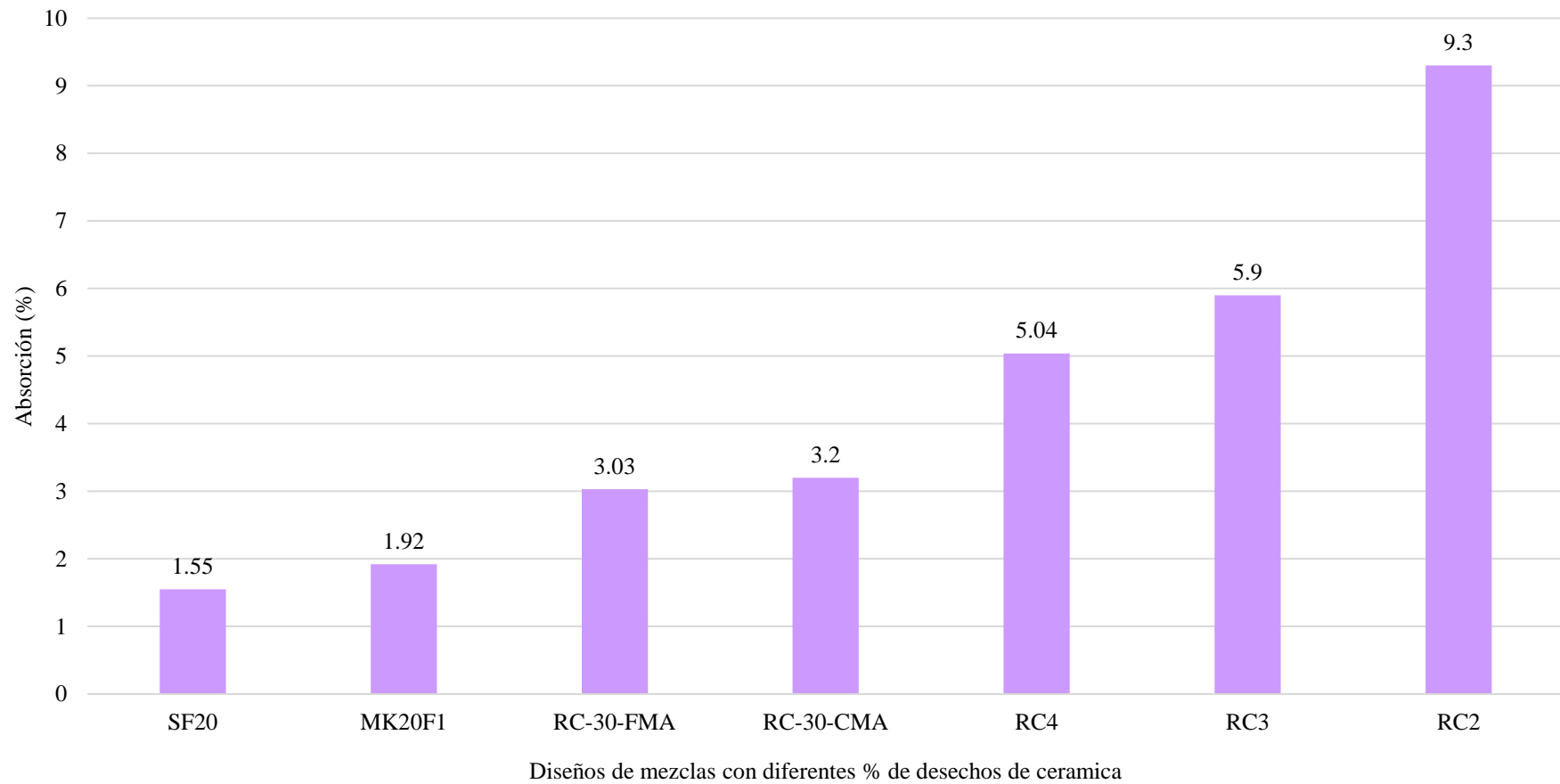


Figura 38: Comparativa del óptimo porcentaje de residuos de cerámica para incrementar su resistencia vs % Absorción.

Fuente: Elaboración propia.

### 5.3 Contratación de Resultados.

#### 5.3.1 Contratación de hipótesis 1,2,3 y 4, determinar el porcentaje óptimo.

HIPÓTESIS 1: Al determinar el óptimo porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso se mejora la resistencia a la compresión axial.

Para analizar el porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso se incrementa la resistencia a la compresión axial, se requiere de los resultados de los ensayos de diferentes diseños de mezclas.

- Hipótesis auxiliar

H0: Al determinar el porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso no se incrementa la resistencia a la compresión axial.

H1: Al determinar el porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso sí incrementa la resistencia a la compresión axial.

- Observación:

Según los resultados de Etxeberria et al al evaluaron un concreto patrón sin adiciones y con porcentajes de residuos de cerámica en los agregados de concreto tanto finos como gruesos sobre las propiedades mecánicas y físicas. Para el caso de la intervención de los residuos de cerámica en el agregado fino se pudo constatar que, para el caso de 10% de residuos de cerámica la resistencia a la compresión decreció en 1.9%. Por el contrario, con 20% de residuos de cerámica se incrementa en 1.4% y finalmente para 30% de residuos de cerámica la resistencia se incrementa en 7.8% a los 28 días de curado. En otro plano la intervención de los residuos de cerámica en el agregado grueso para el caso de 10%, 20% y 30% de residuos de cerámica se incrementaron en 4.7%, 7.1% y 13.5%.

Según los resultados obtenidos de Amin et al. Para residuos de cerámica de 10%, 20% y 30% adicionado en el agregado fino con respecto a su concreto patrón se logró un incremento en resistencias a la compresión de 6.9%, 16% y 10% respectivamente a los 28 días de curado. Por otro lado, para el caso de la adición de residuos de cerámica en el agregado grueso se incrementaron en 5.3%, 8.4% y 6.9% respectivamente. Es decir, reemplazar el agregado parcialmente por residuos de cerámica en cualquiera de las 2 opciones aumenta la resistencia a la compresión.

Logrando una resistencia apropiada para muchas aplicaciones convencionales (muros, pilares, etc.).

Según los resultados obtenidos de Siddique et al, para residuos de cerámica de 20% y 40% adicionado en el agregado grueso con respecto a su concreto patrón se logró un incremento en resistencias a la compresión de 2.5% y 15% respectivamente para una relación a/c 0.35. Por otro lado, para una relación a/c 0.45 se logra un incremento en la resistencia a la compresión de 13% y 22% respectiva y finalmente para una relación a/c 0.55 se logra un incremento de 33% a los 28 días de curado. En resumen, reemplazar el agregado parcialmente por residuos de cerámica en cualquiera de las 2 opciones aumenta la resistencia a la compresión. Logrando una resistencia apropiada para muchas aplicaciones convencionales (muros, pilares, etc.).

Según los resultados obtenidos de Manzi et a, para residuos de cerámica de 10%, 20% y 30% adicionado en el agregado grueso con respecto a su concreto patrón se logró un incremento en resistencias a la compresión de 24%, 10% y 8% respectivamente a los 28 días de curado. Es decir, reemplazar el agregado grueso parcialmente por residuos de cerámica aumenta la resistencia a la compresión.

Según los resultados obtenidos de Seyed et al, con porcentajes la resistencia a la compresión (FC) de mezclas de hormigón a los 7, 28 y 91 días. Se puede observar que la incorporación de RWCA condujo a una mejora en la resistencia a la compresión de las mezclas de concreto B, C y D. Como se vio, el reemplazo parcial de NCA con RWCA en dosis de 20%, 40% y 60% condujo a 6%, 13% y 4 % de aumento en la resistencia a la compresión a 28 días, respectivamente, en comparación con el hormigón de control.

En resumen, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ) ya que en los cuadros comparativos se demuestran que según los resultados obtenidos de la Tabla 8 y Figura 17 se obtuvo un incremento en la resistencia a la compresión a 28 días de curado entre 1% a 33%, con lo cual se acepta la hipótesis planteada.

HIPÓTESIS 2: Al determinar el porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso se incrementa la resistencia a la tracción.

Para analizar el porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso mejora la resistencia a la tracción. y posterior verificación de la resistencia a la tracción, se requiere de los resultados de los ensayos de diferentes diseños de mezclas.

- Hipótesis auxiliar

H0: Al determinar el porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso no se incrementa la resistencia a la tracción.

H1: Al determinar el porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso sí se incrementa la resistencia a la tracción.

- Observación:

Según los resultados de Etxeberria et al evaluaron un concreto patrón sin adiciones y con porcentajes de residuos de cerámica en los agregados de concreto tanto finos como gruesos sobre las propiedades mecánicas y físicas. Para el caso de la intervención de los residuos de cerámica en el agregado fino se pudo constatar que, para el caso de 10% de residuos de cerámica la resistencia a la tracción se incrementó en 1%. Por el contrario, con 20% de residuos de cerámica decreció en 2% y finalmente para 30% de residuos de cerámica la resistencia se incrementa en 3% a los 28 días de curado. En otro plano la intervención de los residuos de cerámica en el agregado grueso para el caso de 10% y 20% de residuos de cerámica se incrementaron en 1%, 6%. Mientras que para 30% de residuos de cerámica en el agregado grueso decreció en 5%.

Según los resultados obtenidos de Siddique et al, para residuos de cerámica de 20% y 40% adicionado en el agregado grueso con respecto a su concreto patrón se logró un incremento en resistencias a la tracción de 3.7% y 6.5% respectivamente para una relación a/c 0.35. Por otro lado, para una relación a/c 0.45 se logra un incremento en la resistencia a la compresión de 2% y 36% respectivamente y finalmente para una relación a/c 0.55 se logra un incremento de 25% y 25% respectivamente a los 28 días de curado. En resumen, reemplazar el agregado parcialmente por residuos de cerámica en cualquiera de las 2 opciones aumenta la resistencia a la tracción.



Según los resultados obtenidos de Seyed et al, con porcentajes la resistencia a la tracción (FC) de mezclas de hormigón a los 7, 28 y 91 días. Se puede observar que la incorporación de RWCA condujo a una mejora en la resistencia a la tracción de las mezclas de concreto B, C y D. Como se vio, el reemplazo parcial de NCA con RWCA en dosis de 20%, 40% y 60% condujo a 4%, 11% y 7.8 % de aumento en la resistencia a la tracción a 28 días respectivamente, en comparación con el hormigón de control.

Según los resultados obtenidos de S. Manzi, C. Mazzotti, M.C. Bignozzi, para residuos de cerámica de 10%, 20% adicionado en el agregado grueso con respecto a su concreto de control se manifestó un decrecimiento en resistencias a la tracción de 16% y 22%. Mientras que para el 30% de residuos de cerámica se obtuvo un incremento del 7% a los 28 días de curado. Es decir, reemplazar el agregado grueso parcialmente por residuos de cerámica aumenta la resistencia a la tracción.

En resumen, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ) ya que en los cuadros comparativos se demuestran que según los resultados obtenidos de la Tabla 15 y Figura 12 se obtuvo un incremento en la resistencia a la tracción a 28 días de curado entre 1% a 22%, con lo cual se acepta la hipótesis planteada.

**HIPÓTESIS 3:** Al determinar el porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso se mejora el módulo de elasticidad.

Para analizar el porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso mejora el módulo de elasticidad. y posterior verificación del módulo de elasticidad, se requiere de los resultados de los ensayos de diferentes diseños de mezclas.

- Hipótesis auxiliar

$H_0$ : Al determinar el porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso no se mejora el módulo de elasticidad.

$H_1$ : Al determinar el óptimo el porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso sí se mejora el módulo de elasticidad.

- **Observación:**  
Según los resultados de Etxeberria et al, evaluaron un concreto patrón sin adiciones y con porcentajes de residuos de cerámica en los agregados de concreto tanto finos como gruesos sobre las propiedades mecánicas y físicas. Para el caso de la intervención de los residuos de cerámica en el agregado fino se pudo constatar que, para el caso de 10% de residuos de cerámica el módulo de elasticidad se incrementó en 1.9%. Por el contrario, con 20% de residuos de cerámica decreció en 9% y finalmente para 30% de residuos de cerámica el módulo de elasticidad decreció en 11% a los 28 días de curado. En otro plano la intervención de los residuos de cerámica en el agregado grueso para el caso de 10%, 20% y 30% de residuos de cerámica con respecto al módulo de elasticidad decrecieron en 2%, 3% y 3% respectivamente.

Según los resultados obtenidos de Siddique et al, para residuos de cerámica de 20% y 40% adicionado en el agregado grueso con respecto a su concreto patrón se logró un decrecimiento en módulo de elasticidad de 4% y un incremento de 34% respectivamente para una relación a/c 0.35. Por otro lado, para una relación a/c 0.45 se logra un incremento en la resistencia a la compresión de 5% y 18% respectivamente y finalmente para una relación a/c 0.55 se logra un decrecimiento de 13% y un incremento de 1% respectivamente a los 28 días de curado.

Según los resultados obtenidos de Seyed et al, con porcentajes en el módulo de elasticidad (FC) de mezclas de hormigón a los 7, 28 y 91 días. Se puede observar que la incorporación de RWCA condujo a una mejora en el módulo de elasticidad de las mezclas de concreto B, C y D. Como se vio, el reemplazo parcial de NCA con RWCA en dosis de 20%, 40% y 60% condujo a 0%, 2% y 1 % de incremento de módulo de elasticidad a 28 días respectivamente, en comparación con el hormigón de control.

Según los resultados obtenidos de Manzi et al, para residuos de cerámica de 10%, 20% y 30% adicionado en el agregado grueso con respecto a su concreto de control se manifestó un decrecimiento en el módulo de elasticidad de 4% y 21% y 15%.

En resumen, se acepta la hipótesis nula (H0) y se rechaza la hipótesis alterna (H1) ya que en los cuadros comparativos se demuestran que según los resultados obtenidos de la Tabla 22 y Figura 32 solo con 10% de residuos de cerámica para el primer autor puedo superar al concreto patrón, igual que el tercer autor en su caso todas las dosis de residuos de cerámica incrementaron en módulo de elasticidad. Mientras que, para los demás autores, el módulo de elasticidad se vio afectado negativamente con respecto a su concreto de control.

**HIPÓTESIS 4:** Al determinar el porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso se mejora la permeabilidad.

Para analizar el porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso mejora la permeabilidad. y posterior verificación de la permeabilidad, se requiere de los resultados de los ensayos de diferentes diseños de mezclas.

- Hipótesis auxiliar

H0: Al determinar el porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso no se mejora la permeabilidad.

H1: Al determinar el porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso sí se mejora la permeabilidad.

- Observación:

Según los resultados de Etxeberria et al, evaluaron un concreto patrón sin adiciones y con porcentajes de residuos de cerámica en los agregados de concreto tanto finos como gruesos sobre las propiedades mecánicas y físicas. Para el caso de la intervención de los residuos de cerámica en el agregado fino se pudo constatar que, para el caso de 10% de residuos de cerámica la permeabilidad decreció en 6%. Por el contrario, con 20% de residuos de cerámica se incrementó en 3% y finalmente para 30% de residuos de cerámica la permeabilidad se incrementó en 15% a los 28 días de curado. En otro plano la intervención de los residuos de cerámica en el agregado grueso para el caso de 10%, 20% y 30% de residuos de cerámica decrecieron en 10%, 7% y 4% respetivamente.

Según los resultados obtenidos de Manzi et al, para residuos de cerámica de 10%, 20% y 30% adicionado en el agregado grueso con respecto a su

concreto de control se manifestó un incremento en la permeabilidad de 1% y 52% y 47%.

Según los resultados obtenidos de Amin et al, para residuos de cerámica de 20% adicionado en el agregado fino con respecto a su concreto patrón se manifestó un decrecimiento en la permeabilidad de 50% a los 28 días de curado. Por otro lado, para el caso de la adición de residuos de cerámica en el agregado grueso decrecieron en 40% para el caso de 20% de residuos de cerámica.

Según los resultados obtenidos de Reshma et al, para residuos de cerámica de 10%, 20% y 30% adicionado en el agregado grueso con respecto a su concreto de control se manifestó un incremento en la permeabilidad de 16%, 37% y 59%.

Según los resultados obtenidos de Reshma et al, para residuos de cerámica de 10%, 20%, 30% y 40% adicionado en el agregado grueso con respecto a su concreto de control se manifestó un incremento en la permeabilidad de 2%, 6%, 43% y 69%.

En resumen, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ) ya que en los cuadros comparativos se demuestran que según los resultados obtenidos de la Tabla 28 y Figura 38 se obtuvo incremento en el porcentaje de permeabilidad a 28 días entre el 1% y 16% para una sustitución del 10% de residuos de cerámica. Para el caso del 20% de residuos de cerámica se incrementó entre en 3 y 52% en permeabilidad y finalmente para el caso de 30% de residuos de cerámica se incrementó la permeabilidad entre el 15 y 59%.

## DISCUSIÓN

En la presente investigación, en virtud de la búsqueda de los artículos relacionados con nuestras hipótesis ya presentadas, se analizó en cada uno de los diferentes resultados y se observó la influencia de los residuos de cerámica sobre las propiedades del concreto.

Según los resultados de resistencia a la compresión axial expresado por los autores ya citados anteriormente, en la cual se pudo contrastar la aceptación de la hipótesis 1, debido a que, la participación como sustitución de los residuos de cerámica en el agregado, la resistencia a la compresión axial se incrementó como se puede apreciar en la Tabla 8 y Figura 9. Salvo la aplicación de los residuos de cerámica en el agregado fino como se puede visualizar en la Tabla 3 y Figura 9 donde el autor mostró un decrecimiento de 10% con respecto al concreto patrón.

Según los resultados de resistencia a la tracción respecto al tiempo de curado se contrastó la aceptación de la hipótesis 2 mostrada en los resultados de la Tabla 15 y Figura 28 en donde el incremento se vio reflejado en un promedio del 5%. Esta teoría se ve reforzada por los autores RM. Senthamarai, P. Devadas Manoharan, donde obtuvieron de igual manera un incremento del 5% en su investigación utilizando residuos de cerámica en el agregado. De similar manera ocurrió para los autores Fengli Liu, Junhua Liu, Baoguo Ma, Jian Huang y Hainan Li, donde la resistencia a la tracción fue creciente y directamente proporcional al porcentaje de residuos de cerámica en el agregado mostrado en su investigación.

Según los resultados de módulo de elasticidad presentados en la Tabla 22 y Figura 25 se pudo contrastar el rechazo de la hipótesis 3 en función de que, en la mayoría de los casos el módulo de elasticidad se vio afectado negativamente entre 8% y 19% para el 20% y 30% de reemplazo de residuos de cerámica en el agregado. Esta idea se ve reforzada por los autores Fernando López Gayarre, Jesús Suárez González, Carlos López-Colina Pérez, Miguel A. Serrano López, Pedro Serna Ros, Gonzalo Martínez-Barrera en su artículo, donde mostraron un decrecimiento del módulo de elasticidad en 10% usando los residuos de cerámica como agregado reciclado.

Según los resultados de permeabilidad presentados en la Tabla 28 y Figura 38 se pudo contrastar la aceptación de la hipótesis 4 ya que los resultados mostrados por los autores mostraron un incremento entre 1% y 59%. Esta idea se ve reforzada por los autores

Fernando López Gayarre, Jesús Suárez González, Carlos López-Colina Pérez, Miguel A. Serrano López, Pedro Serna Ros, Gonzalo Martínez-Barrera, en donde lograron un incremento de 5.4%. De igual manera ocurre para los autores Paul O. Awoyera, Oladimeji, B. Olalusi, Nkay Iweriebo, donde su concreto preparado con agregado de río mostró un incremento en la permeabilidad de 5%.

## CONCLUSIONES

1. Para la presente investigación, se concluye que en la mayoría de los casos la adición de residuos de cerámica en el agregado beneficia positivamente en el concreto mejorando sus propiedades mecánicas y físicas salvo el módulo de elasticidad, donde sí se ve afectado negativamente por la inclusión de los residuos de cerámica a excepción de la incorporación del 10% de residuos de cerámica donde mostró un incremento de 1%.
2. Correspondiente a los ensayos de resistencia a la compresión axial del concreto para una adición de 10% de residuos de cerámica en el agregado grueso se incrementa en promedio en 1.6%, para el caso de 20% de residuos de cerámica en el agregado grueso se incrementa en 5% y finalmente para 30% de residuos de cerámica se incrementa en 6.3% con lo cual supera el  $f'_c$  de diseño.
3. De acuerdo a los ensayos de resistencia a la tracción del concreto con 10% de residuos de cerámica en el agregado grueso se incrementa en promedio en 2%. Para el caso de 20% de residuos de cerámica en el agregado grueso se incrementa en 10% y finalmente para el caso de 30% de residuos de cerámica se incrementa en 6.3%, con lo cual se concluye que incrementa la resistencia en comparación a las muestras de control.
4. Correspondiente a los ensayos de módulo de elasticidad en la mayoría de los casos presentados el módulo de elasticidad se vio afectado negativamente. Solo para el 10% de adición de residuos de cerámica en el agregado grueso, se obtuvo en promedio un incremento de 1.3%. En los casos de 20% y 30% de residuos de cerámica decreció en 19 y 8% respectivamente, con lo cual lo convierte al concreto en un elemento muy rígido.
5. En función a la permeabilidad el porcentaje de residuos de cerámica la máxima para un 10% de residuos de cerámica corresponde a 16% de incremento, para el 20% corresponde un 52% y finalmente para el 30% corresponde un 59% de incremento en el porcentaje de permeabilidad.

## RECOMENDACIONES

1. Para incrementar las propiedades mecánicas y físicas del concreto usando residuos de cerámica en el agregado, se recomienda emplearlo en el agregado grueso ya que el incremento es mayor con respecto al agregado fijo.
2. En la resistencia a la compresión, se recomienda el uso del concreto con 30% de residuos de cerámica en el agregado grueso, ya que el incremento más elevado fue de 6.3% en comparación a su diseño de control.
3. En la resistencia a la tracción, se recomienda el uso del concreto con 20% de residuos de cerámica en el agregado grueso, ya que el incremento más elevado fue de 10% en comparación a su diseño de control.
4. En el módulo de elasticidad, se recomienda su uso del concreto con 10% de residuos de cerámica, ya que fue el único caso donde influyó positivamente la adición de residuos de cerámica en el agregado grueso.
5. Para las futuras investigaciones relacionadas al tema se recomienda tema investigar la resistencia a la flexión y tiempo de fraguado. Así, de esa manera complementar esta investigación, ya que se cuenta con muy poca información acerca de estos parámetros. Por otro lado, es relevante también el estudio del asentamiento en los residuos de cerámica como sustituto parcial del agregado con el fin de conocer la trabajabilidad de la mezcla usando residuos de cerámica y protegiendo de esta manera el medio ambiente.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.B.M.A, K., Chimuanya Odimegwu, T., Zakaria, I., & Mohsen Abood, M. (2021, marzo). Effects of different industrial waste materials as partial replacement of fine aggregate on strength and microstructure properties of concrete. *sciencedirect*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.102092>
- Aghayan, I., Khafajeh, R., & Shamsaei, M. (2021). Life cycle assessment, mechanical properties, and durability of roller compacted concrete pavement containing recycled waste materials. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 595–606. doi:<https://doi.org/10.1007/s42947-020-0217-7>
- Agrela, F., Beltrán, M., Cabrera, M., López, M., Rosales, J., & Ayuso, J. (2018). Properties of Recycled Concrete Manufacturing with All-in Recycled Aggregates and Processed Biomass Bottom Ash. *Waste and Biomass Valorization*, 1247–1259. doi:<https://doi.org/10.1007/s12649-017-9880-6>
- Alcaide, T. A. (2012). *Residuos sólidos urbanos, una consecuencia de la vida*. Retrieved from Universidad Jaume I. Castellón - España: <https://www.yumpu.com/es/document/read/28594507/residuos-solidos-urbanos>
- Alves, A., Vieira, T., de Brito, J., & Correia, J. (2014). Mechanical properties of structural concrete with fine recycled ceramic aggregates. *sciencedirect*.
- Alves, A., Vieira, T., De Brito, J., & Correia, J. (2014). Mechanical properties of structural concrete with fine recycled ceramic aggregates. *Construction and Building Materials*, 103-113. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.04.037>
- Amin, M., Abdullah, M., Bassam, A., & Ibrahim, S. (2021, setiembre 13). Engineering properties of self-cured normal and high strength concrete produced using polyethylene glycol and porous ceramic waste as coarse aggregate. *sciencedirect*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124243>
- Amin, M., Tayeh, B. A., & Saad, A. I. (2020). Effect of using mineral admixtures and ceramic wastes as coarse aggregates on properties of ultrahigh-performance concrete. *Journal of Cleaner Production*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123073>
- Amorós, D. J., Centurión, V. M., & Hoyos, S. M. (2017, Octubre 10). Uso de material reciclado en la fabricación de concreto. *Caxamarca*, 37-43. Retrieved from <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3098>

- Arimana, H. I., & Taquiri, P. L. (2020). *Evaluación de la resistencia a la compresión y flexión del concreto  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>, mediante la adición de residuos de mármol, Lima 2020*. Retrieved from Universidad César Vallejo. Lima - Perú: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/54557>
- Awoyera, P. O., Olalusi, O. B., & Iweriebo, N. (2021). Physical, strength, and microscale properties of plastic fiber-reinforced concrete containing fine ceramics particles. *Materialia*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.mtla.2020.100970>
- Bektas, F., Wang, K., & Ceylan, H. (2009, mayo). Effects of crushed clay brick aggregate on mortar durability. *sciencedirect*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2008.09.006>
- Cachim, P., Luisa, V. A., & Ferraz, E. (2014). Substitution materials for sustainable concrete production in Portugal. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 60–66. doi:<https://doi.org/10.1007/s12205-014-0201-3>
- Cantero, B., Sáez del Bosque, I., Matías, A., & Medina, C. (2018). Statistically significant effects of mixed recycled aggregate on the physical-mechanical properties of structural concretes. *185*, 93-101. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.07.060>
- Cantero, B., Sáez del Bosque, S., Matías, A., Sánchez de Rojas, M., & Medina, C. (2019). Inclusion of construction and demolition waste as a coarse aggregate and a cement addition in structural concrete design. 1338–1352. doi:<https://doi.org/10.1016/j.acme.2019.08.004>
- Castillo, M. J. (2018, Setiembre 13). *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/cm<sup>2</sup>*. Retrieved from Universidad San Pedro - Perú. Huaraz - Perú.: <http://repositorio.usanpedro.pe/handle/USANPEDRO/5439>
- Chandru, P., Natarajan, C., & Karthikeyan, J. (2018). Influence of sustainable materials in strength and durability of self-compacting concrete: a review. *Journal of Building Pathology and Rehabilitation*. doi:<https://doi.org/10.1007/s41024-018-0037-1>
- Chavarry, C., Chavarría, L., A, V., Pereyra, E., Arieta, J., & Reginfo, C. (2020, 02 28). Hormigón reforzado con vidrio molido para controlar grietas y fisuras por contracción plástica. Peru. Retrieved from <http://www.journalprosciences.com/index.php/ps/article/view/230>

- Chavarry, V. C., Chavarría, R. L., Valencia, G. A., Pereyra, S. E., Arieta, P. J., & Rengifo, S. C. (2020). Hormigón reforzado con vidrio molido para controlar grietas y fisuras por contracción plástica. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 4(31), 31-41. doi:10.29018/issn.2588-1000vol4iss31.2020pp31-41
- Cheng, Y.-h., Huang, F., Liu, R., Hou, J.-l., & Li, G.-l. (2016). Test research on effects of waste ceramic polishing powder on the permeability resistance of concrete. *Materials and Structures*, 729–738. doi:https://doi.org/10.1617/s11527-015-0533-6
- Chóez, M. R. (2019). *Elaboración de un bloque de construcción con reciclaje de residuos de cerámica y mampostería para vivienda de interés social*. Retrieved from Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. Guayaquil - Ecuador: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/2913>
- Duan, Z., Singh, A., Xiao, J., & Hou, S. (2020, setiembre 10). Combined use of recycled powder and recycled coarse aggregate derived from construction and demolition waste in self-compacting concrete. *sciencedirect*. doi:https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119323
- Espinoza, A. J. (2020, Marzo 12). *Resistencia a la compresión de un concreto  $f'c=350$  kg/cm<sup>2</sup> sustituyendo un porcentaje de agregado grueso por resina*. Retrieved from Universidad San Pedro. Huaraz - Perú: <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/14323>
- Etxeberria, M., & González-Corominas, A. (2018). The assessment of ceramic and mixed recycled aggregates for high strength and low shrinkage concretes. *Materials and Structures*, 129. doi:https://doi.org/10.1617/s11527-018-1244-6
- Fahim, H. G., Mohd, S. A., Shah, K. W., & Mirza, J. (2020). Effects of ceramic tile powder waste on properties of self-compacted alkali-activated concrete. *Construction and Building Materials*. doi:https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117574
- García-González, J., Barroqueiro, T., Evangelista, L., De Brito, J., De Belie, N., Morán-del Pozo, J., & Juan-Valdés, A. (2017). Fracture energy of coarse recycled aggregate concrete using the wedge splitting test method: influence of water-reducing admixtures. *Materials and Structures*. doi:https://doi.org/10.1617/s11527-016-0989-z
- Ghani, A., Ali, Z., Ahmed, K. F., Rehan, S. S., Wali, K. S., & Rashid, M. (2020). Experimental study on the behavior of waste marble powder as partial

- replacement of sand in concrete. *SN Applied Sciences*. doi:<https://doi.org/10.1007/s42452-020-03349-y>
- Gomes, M., & De Brito, J. (2009). Structural concrete with incorporation of coarse recycled concrete and ceramic aggregates: durability performance. *Materials and Structures*, pages663–675. doi:<https://doi.org/10.1617/s11527-008-9411-9>
- Gonzalez-Corominas, A., Etxeberria, M., & Poon, C.-s. (2017). Influence of the Quality of Recycled Aggregates on the Mechanical and Durability Properties of High Performance Concrete. *Waste and Biomass Valorization*, 1421–1432. doi:<https://doi.org/10.1007/s12649-016-9637-7>
- González-Fonteboa, B., & Martínez-Abella, F. (2008). Concretes with aggregates from demolition waste and silica fume. Materials and mechanical properties. *Building and Environment*, 43, 429-437. doi:<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2007.01.008>
- Gupta, A., Gupta, N., Saxena, K., & Goyal, S. (2021). Investigation of the mechanical strength of stone dust and ceramic waste based composite. *sciencedirect*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.06.011>
- Halicka, A., Ogrodnik, P., & Zegardlo, B. (2013). Using ceramic sanitary ware waste as concrete aggregate. *Construction and Building Materials*, 295-305. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.06.063>
- Heredia, S. C. (2019, Octubre 23). *Resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>; incorporando cerámico en 3% y 5% en remplazo de agregado grueso*. Retrieved from Universidad Privada del Norte. Cajamarca - Perú: <https://hdl.handle.net/11537/22271>
- Hernández, Á. E., & Saravia, Z. F. (2018, Mayo). *Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del hormigón elaborado con cerámicos reciclados como sustituto del agregado grueso*. Retrieved from Universidad Politécnica Salesiana. Quito - Ecuador: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15547>
- Huang, B., Dong, Q., & Burdette, E. G. (2009). Laboratory evaluation of incorporating waste ceramic materials into Portland cement and asphaltic concrete. *Construction and Building Materials*, 3451-3456. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.08.024>
- INDECOPI. (2009). *NTP 339.035: HORMIGON (CONCRETO) Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento portland*. Lima: Comisión de normalización y de fiscalización de barreras comerciales no arancelarias.

- INDECOPI. (2012). *NTP 339.078: Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo*. Lima: Comisión de normalización y de fiscalización de barreras comerciales no arancelarias.
- INDECOPI. (2012). *NTP 339.084: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica*. Lima: Comisión de normalización y de fiscalización de barreras comerciales no arancelarias.
- INDECOPI. (2015). *NTP 339.034 Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestra cilíndricas*. Lima: Dirección de Normalización - INACAL.
- Juan-Valdés, A., Rodríguez Robles, D., García González, J., Sánchez de Rojas Gómez, M., Guerra Romero, M., De Belie, N., & Morán del Pozo, J. (2021, febrero 8). Mechanical and microstructural properties of recycled concretes mixed with ceramic recycled cement and secondary recycled aggregates. A viable option for future concrete. *sciencedirect*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121455>
- Juan-Valdés, A., Rodríguez-Robles, D., García-González, J., Sánchez de Rojas, G. M., Guerra-Romero, M., De Belie, N., & Morán-del Pozo, J. M. (2021). Mechanical and microstructural properties of recycled concretes mixed with ceramic recycled cement and secondary recycled aggregates. A viable option for future concrete. *Construction and Building Materials*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121455>
- Keshavarz, Z., & Mostofinejad, D. (2019, enero 20). Porcelain and red ceramic wastes used as replacements for coarse aggregate in concrete. *sciencedirect*, 218-230. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.033>
- Khatib, J. (2005). Properties of concrete incorporating fine recycled aggregate. *Cement and Concrete Research*, 763-769. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2004.06.017>
- Khatib, J. M. (2005, abril). Properties of concrete incorporating fine recycled aggregate. *science direct*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2004.06.017>
- Lamus, B. F., & Andrade, P. S. (2015). *Concreto Reforzado: Fundamentos*. Bogotá: Ecoe Ediciones. Retrieved from

[https://books.google.com.pe/books?id=PcS4DQAAQBAJ&pg=PP7&source=kp\\_read\\_button&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=PcS4DQAAQBAJ&pg=PP7&source=kp_read_button&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)

- Liu, F., Liu, J., Ma, B., Huang, J., & Li, H. (2015). Basic properties of concrete incorporating recycled ceramic aggregate and ultra-fine sand. *Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed.*, 352–360. doi:<https://doi.org/10.1007/s11595-015-1152-3>
- Liu, K., Yan, J., Hu, Q., Sun, Y., & Zou, C. (2016). Effects of parent concrete and mixing method on the resistance to freezing and thawing of air-entrained recycled aggregate concrete. *Construction and Building Materials*, 264-273. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.12.074>
- López, G. F., Suárez, G. J., López-Colina, P. C., Serrano, L. M., Serna, R. P., & Martínez-Barrera, G. (2019). Shrinkage and creep in structural concrete with recycled brick aggregates. *Construction and Building Materials*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.116750>
- Luján, V. F., & Rodríguez, C. J. (2021, Mayo 3). *Estudio de los residuos de la construcción y demolición como agregado grueso para la construcción de espacios públicos recreativos en el distrito de Trujillo*. Retrieved from Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo - Perú: <https://hdl.handle.net/20.500.12759/7688>
- Manzi, S., Mazzotti, C., & Bignozzi, M. (2013). Short and long-term behavior of structural concrete with recycled concrete aggregate. *Cement and Concrete COMposites*, 312-318. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2013.01.003>
- Mardani-Aghabaglou, A., Tuyan, M., & Ramyar, K. (2015). Mechanical and durability performance of concrete incorporating fine recycled concrete and glass aggregates. *Materials and Structures*, pages2629–2640. doi:<https://doi.org/10.1617/s11527-014-0342-3>
- Meng, Y., Ling, T.-C., & Kim, H. M. (2018). Recycling of wastes for value-added applications in concrete blocks: An overview. *Resources, Conservation and Recycling*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.07.029>
- Meza, E. A., & Tolentino, S. Y. (2020). *Diseño de concreto incorporando materiales cerámicos con plastificante para incrementar las propiedades mecánicas del concreto sobre 210 kg/cm<sup>2</sup>, Lima-2020*. Retrieved from Universidad César Vallejo. Lima - Perú: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/54043>

- Molina, H. B., & Terán, L. J. (2019, Diciembre). *Análisis del fraguado y de la resistencia a la compresión de pastas de cemento sustituidas parcialmente por polvo cerámico*. Retrieved from Universidad Politécnica Salesiana. Quito - Ecuador: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18190>
- Mora, A. D. (2014, Diciembre). *Hormigones con agregados cerámicos: caracterización del hormigón resultante de utilizar el desecho de la industria cerámica de la ciudad de Cuenca como agregado grueso*. Retrieved from Universidad de Cuenca. Cuenca - Ecuador: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/21011>
- Nahhab, A. H., & Ketab, A. (2020, febrero 10). Influence of content and maximum size of light expanded clay aggregate on the fresh, strength, and durability properties of self-compacting lightweight concrete reinforced with micro steel fibers. *sciencedirect*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117922>
- Ortega, G. J. (2014). *Diseño de estructuras de Concreto Armado: Tomo I*. Lima: Macro EIRL.
- Pacheco-Torgal, F., & Jalali, S. (2010). Reusing ceramic wastes in concrete. *Construction and Building Materials*, 832-838. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.10.023>
- Pacheco-Torgal, F., & Jalali, S. (2011). Compressive strength and durability properties of ceramic wastes based concrete. *Materials and Structures*, 155–167. doi:<https://doi.org/10.1617/s11527-010-9616-6>
- Pérez, M. L. (2016). *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*. Retrieved from Universidad Central “MARTA ABREU” de las Villas. Santa Clara - Cuba: <http://dspace.uclv.edu.cu:8089/handle/123456789/7404>
- Pitarch, A. M., Reig, L., Tomás, A. E., & López, F. J. (2019). Effect of Tiles, Bricks and Ceramic Sanitary-Ware Recycled Aggregates on Structural Concrete Properties. *Waste and Biomass Valorization*, 1779–1793. doi:<https://doi.org/10.1007/s12649-017-0154-0>
- Pitarch, A., Reig, L., Tomás, A., & López, F. (2017). Effect of tiles, bricks and ceramic sanitary-ware recycled aggregates on structural concrete properties. *Waste and Biomass Valorization*, 1779–1793. doi:<https://doi.org/10.1007/s12649-017-0154-0>

- Raja, R., & Vijayan, P. (2021). Investigations on Mechanical Characteristics and Microstructural Behavior of Laterized High Strength Concrete Mix. *Arabian Journal for Science and Engineering*. doi:<https://doi.org/10.1007/s13369-021-05606-7>
- Rashid, K., Razzaq, A., Ahmad, M., Rashid, T., & Tariq, S. (2017). Experimental and analytical selection of sustainable recycled concrete with ceramic waste aggregate. *Construction and Building Materials*, 829-840. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.07.219>
- Rivva, L. E. (2014). *Materiales para el Concreto*. Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Rodriguez, C. R. (2016). *Resistencia de un concreto con sustitución del agregado pétreo en 25% y 50% por material cerámico reciclado - Huaraz - 2016*. Retrieved from Universidad San Pedro. Huaraz - Perú: <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/5463>
- Rodríguez, M. B. (2019). *Influencia de los superplastificante tipo F sobre sus propiedades físicas y mecánicas de un concreto autocompactante [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte]*. Retrieved from <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23402/Rodr%C3%ADguez%20M%C3%A9ndez%20Brando%20Jeffrey.pdf?sequence=1>
- Rosales, J., Beltrán, M. G., Cabrera, M., Velasco, A., & Agrela, F. (2016). Feasible Use of Biomass Bottom Ash as Addition in the Manufacture of Lightweight Recycled Concrete. *Waste and Biomass Valorization*, 953–963. doi:<https://doi.org/10.1007/s12649-016-9522-4>
- Rughooputh, R., Oogarah, R. J., & Joorawon, K. (2017). Possibility of using fresh concrete waste in concrete for non structural civil engineering works as a waste management strategy. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 94–99. doi:<https://doi.org/10.1007/s12205-016-0052-1>
- Sabarinathan, P., Annamalai, V. E., & Sangeetha, P. (2021). Mechanical and Abrasion Resistance Properties of Concrete Containing Recycled Abrasive Waste as Partial Replacement of Fine Aggregate. *Arabian Journal for Science and Engineering*. doi:<https://doi.org/10.1007/s13369-021-05649-w>
- Sáez del Bosque, I., Zhu, W., Howind, T., Matías, A., Sánchez de Rojas, M., & Medina, C. (2017). Properties of interfacial transition zones (ITZs) in concrete containing recycled mixed aggregate. *Cement And Concrete Composites*, 25-34. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2017.04.011>



- Senthamarai, R., & Devadas, M. P. (2005). Concrete with ceramic waste aggregate. *Cement and Concrete Composites*, 910-913. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2005.04.003>
- Senthamarai, R., Devadas, M. P., & Gobinath, D. (2011). Concrete made from ceramic industry waste: Durability properties. *Construction and Building Materials*, 2413-2419. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.11.049>
- Siddique, S., Shrivastava, S., Chaudhary, S., & Gupta, T. (2018). Strength and impact resistance properties of concrete containing fine bone china ceramic aggregate. 289-298. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.02.213>
- Singh, R., & Goel, S. (2020). Experimental investigation on mechanical properties of binary and ternary blended pervious concrete. *Frontiers of Structural and Civil Engineering*, 229–240. doi:<https://doi.org/10.1007/s11709-019-0597-4>
- Subaşı, S., Öztürk, H., & Emiroğlu, M. (2017). Utilizing of waste ceramic powders as filler material in self-consolidating concrete. *Construction and Building Materials*, 149, 567-574. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.05.180>
- Talaei, M., & Mostofinejad, D. (2021, junio 28). Mechanical properties of fiber-reinforced concrete containing waste porcelain aggregates under elevated temperatures. *sciencedirect*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122854>
- Tawfik, T. A., Aly, M. K., EL-Beshlawy, S., Al Saffar, D. M., Tayeh, B. A., & Soltan, H. H. (2020). Exploitation of the nanowaste ceramic incorporated with nano silica to improve concrete properties. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jksues.2020.06.007>
- Tech, S. M., Agrawal, V., & Nagar, R. (2020, noviembre). Sandstone cutting waste as partial replacement of fine aggregates in concrete: A mechanical strength perspective. *sciencedirect*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101534>
- Vishnu, T., & Lakshman, S. K. (2021). A study on the suitability of solid waste materials in pavement construction: A review. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 625–637. doi:<https://doi.org/10.1007/s42947-020-0273-z>
- Zareei, S. A., Ameri, F., Bahrami, N., Shoaie, P., Reza Musaei, H., & Nurian, F. (2019, noviembre). Green high strength concrete containing recycled waste ceramic aggregates and waste carpet fibers: Mechanical, durability, and microstructural properties. *sciencedirect*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.100914>

Zareei, S. A., Ameri, F., Shoaie, P., & Bahrami, N. (2019, marzo 20). Recycled ceramic waste high strength concrete containing wollastonite particles and micro-silica: A comprehensive experimental study. *Sciencedirect*, 11-32. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.12.161>

ZhenhuaDuanabAmardeepSinghaJianzhuangXiaoabShaodanHoua. (n.d.).

## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de Consistencia

Residuos de cerámica como sustitución porcentual del agregado para mejorar las propiedades mecánicas del concreto.

Problema principal	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Método
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Independiente		
¿De qué manera los residuos de cerámica como sustitución porcentual del agregado grueso influyen en las propiedades mecánicas del concreto?	Determinar los residuos de cerámica como sustitución porcentual del agregado grueso para mejorar las propiedades mecánicas del concreto según la norma E060.	Al determinar los residuos de cerámica como sustitución porcentual del agregado grueso mejoran las propiedades mecánicas del concreto según la norma E060.	Residuos de cerámica como sustitución porcentual del agregado grueso	Porcentaje de residuos de cerámica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El método de la investigación es deductivo.</li> <li>• Orientación aplicada</li> <li>• Enfoque mixto.</li> <li>Cualitativo y cuantitativo.</li> <li>• El instrumento de recolección es retrolectivo</li> </ul>
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis general	Dependiente		
a) ¿En qué medida el porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso influye en la resistencia a la compresión axial?	a) Determinar el porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso para incrementar la resistencia a la compresión axial.	a) Al determinar el porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso se incrementa la resistencia a la compresión axial.	Propiedades mecánicas del concreto	Resistencia a la compresión axial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El tipo es descriptivo, correlacional, explicativo.</li> <li>• El nivel de la investigación es descriptivo.</li> <li>• El diseño de la</li> </ul>

b) ¿En qué medida el porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso influye en la resistencia a la tracción?	b) Determinar el porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso para incrementar la resistencia a la tracción.	b) Al determinar el porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso se incrementa la resistencia a la tracción.	Resistencia a la tracción	investigación es experimental, longitudinal, retrospectivo con diseño de cohortes.
c) ¿En qué medida el porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso influye en el módulo de elasticidad?	c) Determinar el porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso para mejorar el módulo de elasticidad.	c) Al determinar el porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso se mejora el módulo de elasticidad.	Módulo de elasticidad	
d) ¿En qué medida el porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso influye en la permeabilidad?	d) Determinar el porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso para mejorar la permeabilidad.	d) Al determinar el porcentaje de residuos de cerámica a sustituir en el agregado grueso se mejora la permeabilidad.	Permeabilidad	

Fuente: Elaboración propia.