

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniera Civil

TRABAJO DE TITULACIÓN

Título del proyecto

**“DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO
CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO
SUPLEMENTARIO”**

Autora:

Génesis Daniela Vallejo Cevallos

Tutor:

Ing. Carlos Sebastián Saldaña García M. Sc.

Riobamba – Ecuador

Año 2021

REVISIÓN

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: **“DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”**, presentado por Génesis Daniela Vallejo Cevallos y dirigida por: Ing. Carlos Sebastián Saldaña García. Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Jorge Núñez M. Sc.

.....

Miembro del Tribunal

Firma

Ing. Diego Barahona M. Sc.

.....

Miembro del Tribunal

Firma

Ing. Carlos Saldaña M. Sc.

.....

Director del Proyecto

Firma

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. Carlos Sebastián Saldaña García M. Sc. en calidad de Tutor de Tesis que lleva como título: **“DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”**, CERTIFICO; que el informe final del trabajo investigativo, ha sido revisado y corregido, razón por la cual autorizo a la señorita Génesis Daniela Vallejo Cevallos para que se presente ante el tribunal de defensa respectivo para que se lleve a cabo la sustentación de su Tesis.

Atentamente,

.....

Ing. Carlos Saldaña M. Sc.

TUTOR DE TESIS

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, corresponde exclusivamente a: Génesis Daniela Vallejo Cevallos e Ing. Carlos Sebastián Saldaña García M. Sc. y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.



.....
Srta. Génesis Daniela Vallejo Cevallos

C.I. 0603889742

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme vida, salud, sabiduría y fortaleza, por ser mi roca en aquellos momentos de debilidad.

A mis padres Dorita y Miguel, a mi hermana Sarita, a mis amigos Fander y Fausto por estar siempre presentes de una u otra manera a lo largo de todo este proceso, gracias por su apoyo, cariño, paciencia y consejos que me han permitido cumplir este sueño tan anhelado.

A mis docentes de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Chimborazo por haber compartido sus conocimientos a lo largo de toda la carrera, de manera especial a los ingenieros Néstor Ulloa y Carlos Saldaña por ser mis guías en el desarrollo de este trabajo.

Además, A la ingeniera María Díaz, al ingeniero Víctor Llanga y al señor Luis Lara por su valioso aporte a esta investigación, gracias por toda su ayuda y buena voluntad conmigo.

Génesis Daniela Vallejo Cevallos

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mis padres por su amor, trabajo, sacrificio y apoyo incondicional en los momentos buenos y no tan buenos, son las mejores personas que Dios pudo poner en mi camino.

A mi hermana por estar siempre pendiente de mi, por ser mi bastón cuando me era difícil caminar hacia adelante.

A mis abuelitos por estar siempre conmigo, a pesar de la distancia.

A mis tíos, primos y familiares más cercanos, por sus oraciones, su cariño y palabras de aliento que me permitieron tener mayor confianza en mi misma y saber que todo es posible si se puede creer.

A mi pequeña Emilita quien desde el cielo me ha bendecido.

Génesis Daniela Vallejo Cevallos

CONTENIDO

RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS.....	5
2.1. Objetivo General.....	5
2.2. Objetivos Específicos	5
3. ESTADO DEL ARTE.....	6
4. METODOLOGÍA	16
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	44
6.1. Conclusiones.....	44
6.2. Recomendaciones	47
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
8. ANEXOS.....	55
8.1. Anexo 1: Datos históricos del consumo de cemento en kilogramos por habitante. .	55
8.2. Anexo 2: Comercialización mensual y anual de cemento gris en toneladas métricas.	56
8.3. Anexo 3: Comercialización anual de cemento gris por región en toneladas métricas.	57
8.4. Anexo 4: Comercialización del cemento en la provincia de Chimborazo.....	57
8.5. Anexo 5: Material anual usado en edificaciones de la ciudad de Riobamba.....	58
8.6. Anexo 6: Ubicación geográfica de las Plantas de Cemento en el Ecuador.	58
8.7. Anexo 7: Importaciones de cemento y clínker en toneladas métricas.....	59
8.8. Anexo 8: Procedencia de las importaciones de clínker en el período 2011-2015	60
8.9. Anexo 9: Tablas de resumen de residuos de la construcción: reciclables, no reciclables, reutilizables y no reutilizables.	60
8.10. Anexo 10. Composición química de pastas cerámicas.	63
8.11. Anexo 11: Clasificación de los desechos cerámicos por tipo y proceso de producción.	63

8.12. Anexo 12: Porcentajes de Compuestos químicos presentes en el clínker del Cemento.....	64
8.13. Anexo 13: Porcentajes de Compuestos químicos presentes en los residuos cerámicos	64
8.14. Anexo 14: Tabla resumen de valores de propiedades de materiales para dosificación.....	66
8.15. Anexo 15: Determinación del Porcentaje de Humedad del Árido Fino y Grueso....	67
8.16. Anexo 16: Determinación de la densidad óptima de una mezcla de agregados.	69
8.17. Anexo 17: Datos iniciales para dosificación.....	70
8.18. Anexo 18: Ensayos a compresión de cilindros de hormigón.....	71
8.19. Anexo 19. Cálculo de Resistencia a compresión para cada porcentaje de sustitución a los 3 días.	147
8.20. Anexo 20. Cálculo de Resistencia a compresión para cada porcentaje de sustitución a los 7 días.	148
8.21. Anexo 21. Cálculo de Resistencia a compresión para cada porcentaje de sustitución a los 17 días.	149
8.22. Anexo 22. Cálculo de Resistencia a compresión para cada porcentaje de sustitución a los 15 días.	149
8.23. Anexo 23. Cálculo de Resistencia a compresión para cada porcentaje de sustitución a los 28 días.	150
8.24. Anexo 24. Valores teóricos de resistencia esperada para diferentes edades de curado.	151
8.25. Anexo 25. Curvas de resistencia a compresión de diferentes marcas de Cemento Portland.....	151
8.26. Anexo 26. Análisis de Precios Unitarios para un hormigón convencional $f'c = 21$ MPa.	152
8.27. Anexo 27. Análisis de Precios Unitarios para un hormigón $f'c = 28$ MPa con sustitución de 7% de CPO por polvo de CW.....	153
8.28. Anexo 28. Evidencias fotográficas del proceso de elaboración del hormigón y ensayos realizados.	154

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Resumen de tipos de residuos cerámicos empleados en cada investigación.....	25
Tabla 2.	Resumen de dosificaciones y contenidos óptimos de las investigaciones encontradas.	26
Tabla 3.	Resumen de variaciones en porcentajes de resistencia a compresión de acuerdo a cada investigación.....	34
Tabla 4.	Dosificaciones para cada mezcla tras correcciones de humedad y asentamiento. 38	
Tabla 5.	Resumen de promedios de resistencias a compresión a 3, 7, 14 y 28 días de fraguado. 38	
Tabla 6.	Resumen de variaciones en porcentajes de resistencia a compresión para cada edad. 39	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Metodología de Investigación	16
Figura 2.	Escala de producción: subsectores de la industria cerámica en España.....	21
Figura 3.	Resistencia a la compresión a diferentes edades de curado.	23
Figura 4.	Resistencia a la compresión: antes y después del ensayo de envejecimiento. ...	24
Figura 5.	Porcentaje de compuestos químicos presentes en el clínker del cemento.....	27
Figura 6.	Porcentaje de compuestos químicos presentes en el clínker del cemento.....	28
Figura 7.	Variación en porcentajes de la resistencia a compresión para diferentes valores de sustitución con respecto a la mezcla original en estudio de Patel et al. (2015).....	30
Figura 8.	Variación en porcentajes de la resistencia a compresión para diferentes valores de sustitución con respecto a la mezcla original en estudio de Kanaan & EL-Dieb (2016)	31
Figura 9.	Variación en porcentajes de la resistencia a compresión para diferentes valores de sustitución con respecto a la mezcla original en estudio de Rani (2016)	31
Figura 10.	Variación en porcentajes de la resistencia a compresión para diferentes valores de sustitución con respecto a la mezcla original en estudio de Aswin (2018).....	32
Figura 11.	Desviación de la resistencia a compresión para diferentes valores de sustitución con respecto a la mezcla original.	33
Figura 12.	Resistencia a la compresión a diferentes edades de curado para cada porcentaje de sustitución.	40

RESUMEN

La fabricación de Cemento Portland Ordinario libera grandes cantidades de CO₂ al medio ambiente, aproximadamente 1 tonelada de CO₂ por cada tonelada de cemento producido. A nivel mundial se han realizado investigaciones para determinar la viabilidad del uso de residuos cerámicos que se presentan como desechos de la industria cerámica y como parte de residuos de construcción y demolición, como sustitutos del cemento en el hormigón. Al reutilizarlos no solo se soluciona el problema de la eliminación de estos residuos, sino que también se reducen las emisiones de gases contaminantes debido a que sería necesaria una menor cantidad de cemento.

En el Ecuador este tema ha sido poco abordado, por lo que los investigadores deben recurrir a información científica internacional, la misma que se encuentra dispersa por lo que realizar su análisis representa una pérdida de tiempo. Con el objetivo de sintetizar estos datos se realiza una revisión bibliográfica completa de los avances conseguidos hasta la fecha, obteniendo que es factible la utilización del polvo de residuos cerámicos como sustituto del cemento en hormigones hasta en un 10% en relación a su peso. Para realizar la comprobación del porcentaje de sustitución determinado, se procedió a ejecutar la parte experimental y así verificar si existe un incremento en la resistencia a compresión por medio del análisis y comparación de probetas de hormigón simple versus probetas de hormigón que contienen un porcentaje de sustitución de cemento por polvo de residuos cerámicos.

Palabras clave: Hormigón, desechos cerámicos, resistencia a compresión, durabilidad.

ABSTRACT

The manufacture of Ordinary Portland Cement releases large amounts of CO₂ into the environment, approximately 1 ton of CO₂ for every ton of cement produced. Therefore, research has been carried out worldwide to determine the feasibility of using ceramic wastes that occur as waste from the ceramic industry and construction and demolition waste as a substitute for cement in concrete. Reusing them solves the problem of disposing of these wastes and reduces pollutant gas emissions because less cement would be needed.

In Ecuador, this topic has been little addressed, so researchers must resort to international scientific information, which is dispersed, and therefore, its analysis represents a waste of time. In order to synthesize this data, a complete bibliographic review of the advances achieved to date was carried out, obtaining that it is feasible to use ceramic waste powder as a cement substitute in concrete up to 10% of its weight. In order to verify the substitution percentage determined, the experimental part was carried out to verify if there is an increase in the compressive strength using the analysis and comparison of simple concrete specimens versus concrete specimens containing a percentage of cement substitution by ceramic residue powder.

Keywords: Concrete, ceramic waste, compressive strength, durability.

Reviewed by:

Mgs. Sonia Granizo Lara.

English professor.

c.c. 0602088890

1. INTRODUCCIÓN

La construcción es una de las actividades de mayor aporte a la economía del Ecuador y según datos de la Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON) en el 2018, representa entre el 8 % al 10 % del Producto Interno Bruto (PIB) ocupando el quinto lugar en el país en los últimos diez años. La estructura de hormigón armado es el sistema constructivo más usado para levantar edificaciones y parte de la estructura urbana de una ciudad. (Vilema & Herrera, 2019). El hormigón o concreto es un material compuesto cuyo uso es creciente a nivel mundial, debido a sus variadas formas de aplicación, convirtiéndose en un material que después del agua, es el de mayor consumo. (Asociación de Fabricantes de Cemento Portland, 2014).

Todo proceso de construcción afecta y altera el ecosistema de forma negativa, pues el consumo de los recursos naturales va en función de la necesidad de las estructuras urbanas; por ejemplo, en el estudio elaborado por Vilema & Herrera (2019), se estima que se requiere aproximadamente 7 sacos de cemento Portland por metro cuadrado de construcción (m^2) lo cual es una cantidad representativa.

La industria del cemento afecta en gran medida al medio ambiente. Por un lado, por el gran volumen de materia prima no renovable necesario para producir el clínker (la fabricación de cemento implica la extracción de 1,7 toneladas de roca para producir 1 tonelada de clínker) y por otro lado por las emisiones de CO_2 generadas durante la producción de cemento portland (la producción de 1 tonelada de cemento para la industria del hormigón genera 0,55 toneladas de CO_2 y requiere un adicional de 0,39 toneladas de CO_2 por las emisiones del combustible, lo que representa un total de alrededor de 0,94 toneladas de CO_2 por cada tonelada de cemento). (Zito et al., 2016).

Varios desechos sólidos industriales tienen propiedades que se adaptan al hormigón; los más populares son la escoria de alto horno, las cenizas volantes y el humo de sílice, que actualmente se utilizan como materiales cementosos suplementarios (SCM) en el hormigón y son comunes en la industria del hormigón actual. El uso de SCM en concreto tiene dos ventajas; el primero es un beneficio ambiental claro e inmediato de usar un material que alguna vez fue un relleno sanitario y, en segundo lugar, reducir algunos efectos negativos de la producción de cemento, principalmente el alto consumo de energía y la emisión de gases de efecto invernadero. (Kanaan y EL-Dieb, 2016).

La cantidad de desechos en las diferentes etapas de producción de la industria cerámica alcanza aproximadamente el 3–7% de su producción global, lo que significa millones de toneladas de arcillas calcinadas de desperdicio por año que se acumula en la tierra. (F. Pacheco-Torgal & Jalali, 2010). Así mismo, existen grandes cantidades de residuos cerámicos ocasionados del sector de la construcción, que en la mayor parte se utiliza como rellenos sanitarios. (F. Pacheco-Torgal & Jalali, 2010; Puertas et al., 2008).

Uno de los varios materiales que puede ser candidato eficaz para el reemplazo parcial del cemento Portland ordinario (CPO), son los residuos cerámicos, que previamente tratados y triturados en forma de polvo con un tamaño de partícula similar o menor al CPO, tiene gran potencial como materia prima sustituyente, además, que por su composición química y mineralógica guardan relación con la del cemento. (Puertas et al., 2008; Puertas et al., 2006). Por lo tanto, cualquier sustitución de cemento en el hormigón tendrá un efecto importante en la disminución de su costo, ya que el valor del cemento representa más del 45% del costo total. (Pacheco-Torgal y Jalali, 2010).

En el Ecuador se tiene una cantidad considerable de residuos cerámicos procedentes del sector industrial así como del constructor, los mismos son colocados directamente en los denominados vertederos de las ciudades y no se les da un uso posterior convirtiéndose en material que a pesar de no contaminar de manera directa el suelo, provoca que la vida útil de los vertederos de desechos disminuya.

Los estudios experimentales en el país que tratan de la reutilización de la cerámica desechada como sustituto parcial del cemento son escasos, teniendo así solo dos, de los cuales ninguno se refiere al empleo en concreto. Chicaiza & Guerra (2017) en su trabajo de tesis de pregrado de la Universidad Central del Ecuador realizan la investigación denominada: “Estudio del uso de residuos cerámicos como sustituto de un porcentaje del cemento para la fabricación de morteros”, en donde se compara la resistencia a la compresión del mortero elaborado con 100% de cemento y el elaborado con el 3%, 5%, 7%, 10% y 15%. Molina & Terán (2019) en su estudio “Análisis del fraguado y de la resistencia a la compresión de pastas de cemento sustituidas parcialmente por polvo cerámico” en su tesis de pregrado de la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito, se usa los residuos cerámicos en un tamaño de partícula pasante del tamiz N°200 y se sustituye parcialmente por cemento en 5%, 7.5%, 10%, 12.5% y 15%. En cambio, en el ámbito internacional, científicos han generado una serie de reportes en los cuales informan sobre el uso alternativo que se le podría dar a los desechos cerámicos en hormigones, en ellos se describen procesos, métodos y resultados de sus experimentos. Sin embargo esta literatura se encuentra dispersa, lo que provoca un gran problema para la comunidad investigadora que no tiene acceso a toda esta información de manera resumida, lo que impide desarrollar de manera más eficiente el trabajo investigativo para implementar esta

nueva tecnología en el campo de la construcción y poder generar nueva información que ayude a la comunidad ingenieril.

De todo lo expuesto surgen la interrogante: ¿Qué efecto tendrá la utilización de desechos cerámicos en las propiedades mecánicas de compresión y de durabilidad en hormigones sintetizados según la literatura científica actual?

Es por ello que mediante este trabajo de investigación se realiza una revisión bibliográfica de estudios científicos llevados a cabo en los últimos años referentes a la reutilización de desechos cerámicos en forma de polvo como material cementoso suplementario al CPO para la síntesis del hormigón, identificando la posible eficacia de esta materia prima, los efectos en las propiedades mecánicas de resistencia y además de durabilidad del hormigón, con el objetivo de determinar si estas se mantienen o mejoran y con ello conocer si representa una disminución en la contaminación ambiental que la producción de cemento genera; siendo esto de gran interés para la comunidad de ingenieros civiles y personal de la construcción, ya que como se expuso, en la actualidad en nuestro país no existen estudios que recopilen información sobre este tema, lo que permitirá la creación de nuevas alternativas de materiales de construcción respetuosos con el medio ambiente enfocado a la reutilización de desechos como material suplementario al cemento; generando información que permita establecer una línea base para futuras investigaciones.

2. OBJETIVOS

2.1.Objetivo General

Realizar una revisión sobre el efecto de las propiedades mecánicas de compresión y de durabilidad en hormigones sintetizados con desechos cerámicos (polvo) como material cementoso suplementario del CPO mediante el análisis bibliográfico de la literatura para determinar los avances científicos conseguidos en la industria del hormigón.

2.2. Objetivos Específicos

- Investigar sobre los distintos tipos de residuos cerámicos utilizados para la síntesis del hormigón.
- Indagar las recomendaciones de literatura científica existente en los últimos años sobre el uso de polvo de residuos cerámicos como reemplazo del CPO en el hormigón para determinar su contenido óptimo.
- Analizar el comportamiento de las propiedades de durabilidad y resistencia a la compresión del hormigón sintetizado con residuos cerámicos.
- Establecer los métodos y técnicas de síntesis y caracterización más utilizados en la literatura científica para una correcta producción de hormigón.
- Discutir el uso del hormigón sintetizado con residuos cerámicos como reemplazo del CPO en el área de Ingeniería Civil, como un material potencial amigable con el medio ambiente.

3. ESTADO DEL ARTE

“La construcción es una de las actividades industriales esenciales para el desarrollo y progreso de las ciudades. Sin embargo, es al mismo tiempo, uno de los factores que más influyen en los impactos sobre el medio ambiente.”(Villagómez y López, 2019). La mayoría de obras civiles utiliza el hormigón como material para la fabricación de sus componentes, debido a su versatilidad de adoptar la forma de cualquier molde en su estado fresco y a la resistencia y durabilidad que presenta en su estado endurecido, es por ello que su demanda es alta, “se conoce que en el 2012 se producían entre 2 y 3 toneladas de hormigón/persona/año en países industrializados y para el 2020 se calculaba un incremento de entre el 30% y 85%.” (Mora, 2014). La contaminación ambiental que este material genera en su producción puede disminuir mediante la sustitución o adición de componentes en su elaboración.

El término hormigón o concreto se define como: “un material compuesto que consiste esencialmente de un medio aglutinante dentro del cual se incrustan partículas o fragmentos de agregado; en el hormigón de cemento hidráulico, el ligante se forma a partir de una mezcla de cemento hidráulico y agua.”(ASTM, 2007). El CPO es un cemento hidráulico, que fragua y endurece por reacción química con el agua.(ASTM, 2007). En el país este cemento es el de mayor empleo, el Instituto Ecuatoriano de Normalización en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 152 detalla los requisitos que debe cumplir para ser considerado como tal.

La industria del cemento en Ecuador inició en 1923 y para el año 2013 se consolidó en tres empresas que son: la Unión Andina de Cementos S.A.A. (UNACEM) (Lafarge Cementos S.A.), Holcim Ecuador S.A, y la Unión Cementera Nacional (UCEM) una

compañía de economía mixta conformada por Industriales Guapán S.A. y Cementos Chimborazo C.A. En base a los datos del Instituto Ecuatoriano del Cemento y del Hormigón (INECYC, 2016), en el año 2015 se tuvo un consumo per cápita de cemento de 359.26 kg/habitante (Anexo 1 y 2). De acuerdo al consumo por región, es la región sierra la que sobresalta con respecto a las otras (Anexo 3). En la provincia de Chimborazo desde el 2006 hasta el 2012 se tiene una media de producción de 135 978.29 m³ de cemento anual (Anexo 4); cabe recalcar que los datos de producción del cemento de años posteriores no se pudieron obtener ya que fábricas como la Cemento Chimborazo pasó a ser una empresa privada, razón por la que no presenta sus informes de producción como se realizaba en los años anteriores. (Vilema & Herrera, 2019). A nivel de la ciudad de Riobamba se conoce por la investigación realizada por Vilema & Herrera (2019) que en el 2018 el cemento usado fue 13 354.91 m³ lo que equivale aproximadamente a 779 930 sacos (Anexo 5).

Existen dos métodos para la fabricación de cemento: método por vía húmeda y método por vía seca, estando actualmente el primero de ellos en desuso. En términos generales, el proceso de fabricación del cemento por vía seca se puede describir de la siguiente manera:

Las materias primas necesarias para la producción de cemento se extraen normalmente de la roca caliza, la creta, la pizarra arcillosa o de la arcilla, todas estas materias primas se encuentran en la naturaleza y se obtienen de las canteras mediante voladuras y otros sistemas. A continuación, se muelen y transportan hasta la fábrica donde se almacenan y homogenizan. La molienda de la materia resulta en un polvo sumamente fino conocido como crudo. Éste se precalienta y cuece en el horno donde alcanza temperaturas de hasta 1.500°C, para ser posteriormente enfriado mediante corrientes de

aire. Así se produce el clínker. Con el fin de regular el fraguado del cemento se añade una pequeña cantidad de yeso (3-5%) al clínker para, a continuación, volver a moler la mezcla y obtener "cemento puro". Durante esta fase se pueden añadir junto al yeso, otros materiales minerales diferentes, de origen natural o industrial, denominados "adiciones del cemento", causantes de proporcionar al mismo, propiedades específicas como reducida permeabilidad, mayor resistencia a los sulfatos y a entornos agresivos, mayor facilidad de trabajabilidad o acabados de mejor calidad. Por último, el cemento es almacenado en silos hasta su envío, en granel o ensacado, según las necesidades de cada cliente. (Delgado & Negrete, 2012)

Las materias primas extraídas de yacimientos para la fabricación del cemento son: componente calcáreo, componente arcilloso, correctivos y sulfato de calcio.

- *Componente calcáreo o calizas.* Las calizas consisten principalmente en carbonato de cálcico (CaCO_3). Para la fabricación del cemento se usa una caliza con un contenido de 80 – 85 % de carbonato de calcio ya que es más fácil de moler y homogeneizar.
- *Componente arcilloso:* Las arcillas son sedimentos clásticos, es decir, constan principalmente de nuevas formaciones y de restos de rocas primarias. Los constituyentes más esenciales de las arcillas son los minerales arcillosos que consisten en minerales que contienen sílice (SiO_2), hierro (Fe_2O_3) y aluminio (Al_2O_3).

Para la extracción de calizas o margas y arcillas o pizarras, se realizan perforaciones en las minas y canteras localizadas geográficamente cerca de las industrias cementeras; de lo que se conoce existen plantas de cemento cercanas a las ciudades de: Riobamba, Guayaquil, Latacunga, Azogues y Otavalo. (Ver Anexo 6). Por ejemplo la empresa

Cemento Chimborazo, se abastecía de esta materia prima de las minas: Cuiquiloma-Perfil 0 y Calerita que pertenecen a la misma empresa y se ubican en las comunidades: Comuna y Calerita respectivamente, de la provincia de Chimborazo. Actualmente la empresa se abastece de caliza, sólo de la mina de Cuiquiloma-Perfil 0. Mientras que la arcilla proviene de la provincia de Cañar de la mina particular Cochancay. (Rivadeneira, 2014). En cambio, las reservas principales de provisión de materia prima de Industrias Guapán son depósitos mineralizados con alto contenido de carbonato de calcio de las canteras Rescate y Gretha Piedad, ubicadas en el cantón Santiago de Méndez (Provincia de Morona Santiago) a 175 km de las instalaciones industriales, así como de varios y pequeños yacimientos calcáreos ubicados en las provincias de Azuay (Sinincay, Ricaurte) y Cañar: canteras Mangán y Guapán (ésta última que está en fase de culminación y cierre de explotación). (Delgado & Negrete, 2012). Estos datos son los únicos que se encontraron y pudieron ser confirmados por fuentes oficiales.

Para el año 2006 la industria nacional copó su capacidad para producir clínker, mas no así su capacidad de molienda, motivo por el cual a partir de ese año se lo importa para suplir la demanda nacional. (Delgado & Negrete, 2012). De lo que se conoce, el país importa el 11% de la demanda total de clínker, mientras que el 89% produce la industria nacional. La causa de su importación se debe básicamente a la necesidad de las empresas cementeras para aumentar su producción de cemento en ciertas temporadas del año donde su demanda aumenta y así cubrir con las necesidades del mercado, (Cisneros, 2017), esto se observa en Anexo 7. Los mercados internacionales proveedores de clínker para Ecuador son principalmente México, Corea del Sur y Colombia. Durante el periodo 2011-2015, ingresó al mercado ecuatoriano 3.115.130 toneladas métricas de clínker, de las cuales

2.312.778 correspondieron a México, 541.682 a Corea del Sur y 140.437 a Colombia. (Cisneros, 2017) (Anexo 8).

La preparación de materias primas y la fabricación de cemento son procesos que consumen electricidad, mientras que el horno de clinkerizado utiliza casi todo el combustible fósil en una planta de cemento típica. La producción de clinker es la etapa de producción que mayor intensidad de energía consume en dicho proceso, aproximadamente el 70-80 % de la energía total (Davidovits, 2015; Habert, 2013; Živica et al., 2014). Así, la producción mundial de cemento genera 2,8 mil millones de toneladas anuales de gases de efecto invernadero (Davidovits, 2015; Guo et al., 2010; Habert, 2013; Uwasu et al., 2014; Živica et al., 2014). Por lo tanto, es necesario encontrar un material alternativo al CPO existente, que consuma menos recursos y energía.

La Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM C 618-92) define como puzolanas a aquellos productos naturales o artificiales, silíceos o aluminosilíceos que, por sí mismos, poseen poca o ninguna propiedad aglomerante, pero que, finamente molidos y en presencia de agua, reaccionan químicamente con el hidróxido de calcio (Ca OH_2) a temperatura ambiente para formar compuestos con propiedades cementantes. (Pérez, 2016)

Puede afirmarse según han demostrado varios estudios, que las puzolanas han sido ampliamente utilizadas como sustitutos para el cemento en muchas aplicaciones debido a los beneficios económicos y ambientales, y sus propiedades ventajosas como la reducción de la permeabilidad, el aumento de la resistencia química y la mejora de las propiedades del hormigón fresco (Massazza, 1993, Ghrici et al., 2007). Las principales desventajas reportadas para el empleo de puzolanas son las bajas resistencias mecánicas alcanzadas a edades tempranas y la necesidad del empleo de superplastificantes o de relaciones

agua/aglomerante mayores que para la pasta que contiene solo CPO, si se quiere mantener una laborabilidad constante de la mezcla (Alujas, 2010).

En la actualidad, la industria de cerámica es responsable de la creación de gran cantidad de residuos. La mayoría de las fábricas rechazan un gran volumen de material resultante del producto final, debido a los requisitos de calidad. Los materiales producidos presentan, con alguna frecuencia, pequeños defectos como el agrietamiento, que tornan el producto no comercializable. (Pérez, 2016). Para tener una idea de las cifras que maneja la industria ecuatoriana, se tiene lo siguiente: en la ciudad de Quito, según técnicos de EDESA S.A. de su producción el 4% de piezas cerámicas, en especial sanitarias, se las califica como no aptas para ser comercializadas y son desechadas por medio de un proceso de trituración que finalmente se las transporta hacia los botaderos autorizados a las afueras de la ciudad (Hernández & Saravia, 2018). En la empresa ECUACERÁMICA de la ciudad de Riobamba, se conoce por medio de sus técnicos, que el desperdicio generado es del 3% de la producción en pasta roja y 2% de la producción de la pasta blanca, en total un aproximado de 350 toneladas de residuo rojo y 300 toneladas de residuo blanco mensuales.

Algunos trabajos plantean el reciclaje de esos residuos mezclando las materias primas naturales para la producción de cerámica. Otra forma de usar los residuos es como adición mineral a través de su molienda y tamizado. A partir de ahí, cuando se incorporan en morteros y concretos contribuyen a la resistencia mecánica, a través de las reacciones puzolánicas de metacaolinita residual con el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (Cordeiro et al., 2002).

En la actualidad en la ciudad de Riobamba hay un desaprovechamiento de estos residuos ya que los son alojados en lugares inapropiados, siendo este un problema que no solo afecta al ambiente y al paisaje natural de las zonas periféricas y rurales del cantón, sino

que también altera las características geográficas del suelo, dando paso a la obstrucción y/o el colapso de los filtros pluviales en la naturaleza, dichos desechos se han venido dando de una forma descontrolada, pues esta actividad aún no está regulada por ninguna institución pública, siendo las riveras de ríos, lagunas, quebradas y terrenos abandonados los principales lugares donde se desecha todo este material. (Vilema & Herrera, 2019). De acuerdo a la investigación de caracterización de los residuos de construcción generados en la ciudad de Riobamba (Villagómez y López, 2019), uno de los residuos no reciclables son los cerámicos y se presentan en cantidades considerables como se aprecia en Anexo 9.

La cerámica es un material de la actividad de la construcción y debido a sus características físicas y químicas puede ser reciclada y reutilizada como componentes de un nuevo producto. (Chicaiza y Guerra, 2017). Existen varios estudios tanto internacionales como nacionales que analizan las propiedades de hormigones obtenidos con la sustitución de alguno de sus componentes por residuos cerámicos como: agregado grueso, agregado fino y cemento. La investigación realizada de sustitución parcial o total de agregados es amplia, en cambio la que se relaciona con la del cemento es escasa.

Los desechos cerámicos se pueden separar en dos categorías de acuerdo con la fuente de las materias primas. El primero son todos los desechos rojos generados por las fábricas de cerámica estructural que utilizan solo pastas rojas para fabricar sus productos, como ladrillos, bloques y tejas. El segundo es todo desperdicio de fuego producido en cerámica de gres, como paredes, pisos y sanitarios. Estos productores usan pastas rojas y blancas, sin embargo, el uso de pasta blanca es más frecuente y mucho mayor en volumen. En cada categoría, los desechos cerámicos quemados se clasificaron de acuerdo con el proceso de producción. Esta clasificación se encuentra en Anexo 10. Se analizaron las

composiciones químicas de las pastas cerámicas y los resultados obtenidos se informan en Anexo 11. (F. Pacheco-Torgal & Jalali, 2010)

Se han encontrado varios estudios realizados con el afán de utilizar los residuos cerámicos (CW) como reemplazo del CPO. Así se tiene la investigación desarrollada por Fernando Pacheco-Torgal y Jalali (2010), en donde se estudió la aplicabilidad del polvo de CW como reemplazo parcial del CPO en la producción de hormigón, los resultados mostraron que el hormigón con un 20% de reemplazo tiene un mayor rendimiento de durabilidad aunque posee una pequeña pérdida de resistencia.

Patel et al. (2015) en su estudio investiga el uso de CW como reemplazo del cemento en un 0%, 10 %, 20%, 30%, 40%, 50% y 60% obteniendo así que la resistencia a la compresión disminuye del 0% al 39.7% respectivamente. Kanaan y EL-Dieb (2016) en su estudio investigan el CW como un ingrediente alternativo para la fabricación de hormigón con una sustitución del 10% al 40%, concluyendo así que el polvo de CW con un reemplazo del 10% es adecuado para mejorar la resistencia, en cambio que un 40% se mejora la durabilidad.

El estudio realizado por Rani (2016) la sustitución de cemento por CW se dio en un rango de 0%, 10 %, 20%, 30%, 40% y 50% en peso. Se concluye que la resistencia a la compresión del concreto incrementa hasta con un 10% de reemplazo y el costo del mismo se reduce, por lo cual es técnica y económicamente viable. Finalmente en Aswin (2018), el CPO ha sido reemplazado por polvo de baldosas cerámicas trituradas en diversos porcentajes, como 10 %, 20%, 30%, 40% y 50% del peso de cemento, se ha encontrado que el reemplazo del cemento al 30% por polvo de baldosa de cerámica es el óptimo para mejorar la resistencia.

No existe un método exacto para determinar el proporcionamiento del hormigón, esto es debido a la variabilidad de sus componentes, volviéndose entonces imposible cuantificarlos con exactitud, los valores obtenidos en el diseño deben ser tomados como valores racionalmente aproximados con los que se obtendrá una mezcla satisfactoria bajo las condiciones presentes en el momento del diseño, si cambian las condiciones se debe realizar nuevos diseños, entonces los procesos de diseño son básicamente procesos de ensayo-error. (Mora, 2014).

Para el análisis químico y mineralógico de las materias primas de los residuos cerámicos se realizan ensayos tales como: difracción de rayos X (XDR), análisis termogravimétrico (ATG), la prueba rápida de permeabilidad de cloruro (RCPT), entre otros; esto con el afán de conocer las propiedades del polvo de CW para comparar con las del cemento y determinar si es compatible para poder ser empleado como un sustituto parcial cementicio.

La resistencia a compresión simple del hormigón es una de sus propiedades más importantes, debido a la facilidad relativa de su determinación en comparación con la de otras características y a que muchas de ellas, como la resistencia a la flexión, módulo de elasticidad, durabilidad, permeabilidad, por ejemplo, están directamente relacionadas con esta y pueden ser obtenidas a través de relaciones teóricas establecidas. (Mora, 2014); esta propiedad se obtiene mediante un ensayo normado, según los procedimientos establecidos en las normas INEN y ASTM, en el que básicamente se realiza la aplicación de una carga de rotura dividida entre el área de la sección que resiste la carga y su resultado se reporta en mega pascales (MPa) unidades del SI. (Hernández & Saravia, 2018).

Por otra parte, tomando en cuenta la importancia que tiene el hormigón y sus tecnologías, las investigaciones relacionadas con el concreto sobrepasan el campo arquitectónico o de ingeniería y tienen fuertes implicaciones socioeconómicas que también se vinculan con la conservación del medio ambiente. Cada vez se hace más indispensable poner más atención en uno de los aspectos más importantes al emplear concreto, se trata de su durabilidad, que es la capacidad que tienen las estructuras de concreto reforzado de conservar inalteradas sus condiciones físicas y químicas durante su vida útil cuando se ven sometidas a la degradación de su material por diferentes efectos de cargas y solicitaciones, las cuales están previstas en su diseño estructural. Se ha comprobado que es posible obtener un significativo ahorro a largo plazo al construir estructuras durables que tomen en cuenta las investigaciones científicas; al optar por estas medidas preventivas se reducen sustancialmente los gastos en mantenimiento y reparación. (Valdés, 2017)

En la investigación realizada por Pacheco-Torgal & Jalali (2010) se menciona que los estudios experimentales ejecutados hasta ahora aparte de que son escasos, no evalúa el desempeño de la durabilidad del concreto, lo cual es un tema clave. Por lo que el objetivo del proyecto es la evaluación de la resistencia y durabilidad del hormigón a base de desechos cerámicos. Para determinar la durabilidad del material se realizan varias pruebas como son: absorción de agua al vacío, absorción de agua capilar, permeabilidad al oxígeno, permeabilidad al agua, prueba de difusión de cloruro y prueba de envejecimiento acelerado, obteniéndose que el concreto con polvo de desechos cerámicos, aunque tiene una pérdida de resistencia menor, posee un mayor rendimiento de durabilidad debido a sus propiedades puzolánicas.

4. METODOLOGÍA

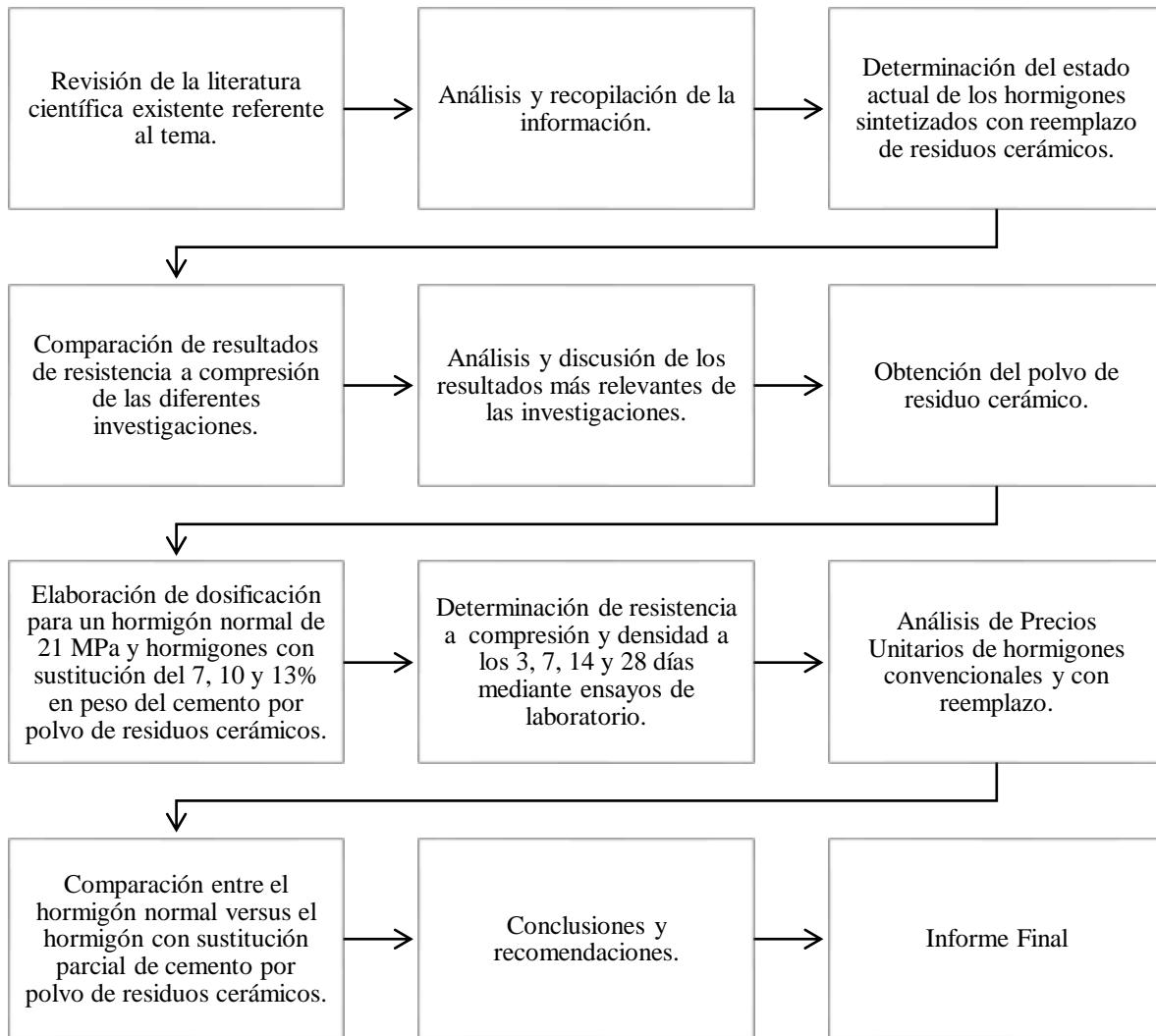


Figura 1. Metodología de Investigación

Fuente: Vallejo G.

La presente investigación en su inicio tuvo una metodología cualitativa ya que se basó en una revisión bibliográfica del tema planteado. Para la obtención de literatura científica se empleó plataformas académicas, tales como: Springer, Scopus, ScienceDirect, Google Scholar y Wiley; asegurándose así que la información sea reconocida por la

comunidad científica, lo que corroborará que la misma sea verás y actualizada. Para la búsqueda se empleó palabras clave como: residuos cerámicos, resistencia a compresión y durabilidad.

Con los estudios científicos recopilados, se procedió a seleccionar de cada investigación la información requerida para cumplir con los objetivos específicos expuestos; se extrajo: la dosificación de cada mezcla de hormigón, el porcentaje en peso de sustitución de cemento por polvo cerámico, la propiedad mecánica de resistencia a compresión y la durabilidad que cada mezcla presenta. Además de esto se determinó los métodos para síntesis y caracterización empleados en las investigaciones para hallar los resultados, explicándolos, ya que es importante comprender la interacción y comportamiento que tendrá el hormigón sintetizado con residuos cerámicos en polvo. Se buscó comparar los resultados de la propiedad de resistencia a la compresión a una determinada edad de los distintos artículos científicos, tesis y demás documentos investigativos, que se encontraron respecto al tema, esto con el afán de analizar las variaciones en este valor con respecto a la mezcla original (que no tenga un porcentaje de sustitución de CPO por polvo de CW); se elaboró gráficas de cada investigación para un mejor entendimiento. Finalmente, se analizó y discutió los resultados obtenidos de las investigaciones referentes a las propiedades de resistencia a compresión y durabilidad de hormigones empleando desechos cerámicos como material cementoso suplementario.

Para comprobar uno de los parámetros de la investigación, que es la resistencia a la compresión se procedió a la realización de ensayos de laboratorio teniendo así ahora una metodología cuantitativa experimental. Se trabajó para la realización de los especímenes de ensayo con los siguientes materiales:

- Agregado Grueso, ripio triturado de la mina Cerro Negro.
- Agregado Fino, polvo de piedra de la mina Cerro Negro.
- Cemento Chimborazo Superior, cemento hidráulico tipo GU.
- Agua potable de la red de la ciudad de Riobamba.
- Polvo de residuos cerámicos de pasta roja de la empresa ECUACERÁMICA de la ciudad de Riobamba.

Se contó con la colaboración de la empresa ECUACERÁMICA quien dotó de material de desecho de pasta roja (baldosa) y mediante un convenio con la mina Sillahuan se procedió con la trituración de los restos de cerámica en una máquina adaptada como se observa en las fotografías del Anexo 28 posterior a ello se realizó el tamizaje hasta obtener el material pasante del tamiz N° 200 que cumple con el tamaño para ser considerado como material de reemplazo parcial del cemento según varias investigaciones.

Para la dosificación de la mezcla de hormigón normal de 21 MPa se trabajó con el método de densidad óptima, ya que es uno de los más empleados en el medio; éste método requiere de datos iniciales como:

- Resistencia a la compresión esperada a los 28 días.
- Valor del asentamiento esperado.
- Densidad saturada superficialmente seca (ρ_{ss}) (g/cm^3) de los agregados tanto grueso (basado en la norma NTE INEN 857) como fino (basado en la norma NTE INEN 856)
- Masa Unitario Suelta (MUS) (g/cm^3) de los agregados (basado en la norma NTE INEN 858).

- Porcentaje de absorción de los agregados tanto grueso (basado en la norma NTE INEN 857) como fino (basado en la norma NTE INEN 856)
- Porcentaje de humedad de los agregados (basado en la norma NTE INEN 862)
- Densidad óptima de la mezcla (basado en la norma NTE INEN 858).
- Porcentaje de agregado grueso y fino para la obtención de la densidad óptima.
- MUS del cemento (basado en la norma NTE INEN 858).
- Peso específico del cemento. (Basado en la norma NTE INEN 156)
- Dimensiones de las probetas cilíndricas.
- Número de probetas a elaborar.

Los valores de las propiedades de los agregados fino y grueso fueron obtenidos de la tesis de elaborada por Rodriguez & Villalba (2016), los referentes a los datos de cemento Chimborazo de la tesis de Pucha & Llanga (2010) mientras que los datos de humedad de y de dosificación óptima de agregados fueron realizados en laboratorio.

Para la verificación del porcentaje óptimo teórico de sustitución se trabajó con el mismo valor, esto es el 10% tomando un rango de $\pm 3\%$, esto con el objetivo de encontrar un valor más exacto. Contando con todos los datos se realizó las cuatro dosificaciones, con el 0%, 7%, 10% y 13% de reemplazo en peso del cemento por polvo de residuos cerámicos, teniendo en cuenta que el asentamiento esperado es de 6 cm y que se trabajó con probetas cilíndricas de 10 cm de diámetro por 20 cm de alto, esto por mayor facilidad de trabajo. Se realizó la toma de cilindros conforme a la norma NTE INEN 1576, teniendo 5 especímenes para cada edad esto es a los 3, 7, 14 y 28 días, en total 20 cilindros para cada mezcla y 80 cilindros en total. Estos especímenes fueron ensayados de acuerdo a la norma NTE INEN 1573, determinando así los valores de densidad y resistencia a compresión para realizar la

curva de comparación de resistencias y verificar si existe un impacto positivo en dicha propiedad.

Se realizó un análisis de precios unitarios (APU) de un hormigón normal o convencional y uno de resistencia más elevada con un porcentaje mayor de sustitución del CPO para obtener un hormigón de la resistencia inicial esperada. Los valores estimados de costos de producción, se compararon, esto con el afán de obtener un análisis económico en el cual puedan basarse tanto ingenieros como arquitectos para estimar las ventajas o desventajas que supone esta sustitución referente a este aspecto.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El uso de CW como sustituto parcial del CPO tanto en hormigones estructurales como no estructurales ha sido motivo de investigaciones en todo el mundo, debido a que su uso no es tan común en la fabricación de este material. De acuerdo a literatura revisada los residuos que esta industria producen son considerables, en España se tiene un total de 50 000 toneladas anuales (4160 toneladas/mes) de CW; en el país la información referente al tema es escasa conociéndose apenas datos de ciertas fábricas como Franz Viegner (FV) donde se tiene un promedio de 51 toneladas/mes de desechos. Los CW tienen potencial para ser SCM debido a sus propiedades puzolánicas, su resistencia a la abrasión y calor y su menor densidad en comparación a la del cemento normal.

Los productos cerámicos se presentan en el mercado como: baldosas para pisos y paredes, artículos sanitarios, ladrillos y tejas, materiales refractarios, cerámicas técnicas y materiales cerámicos para uso doméstico y ornamental. Manejándose así en países como España los porcentajes que se muestran en la figura 2.

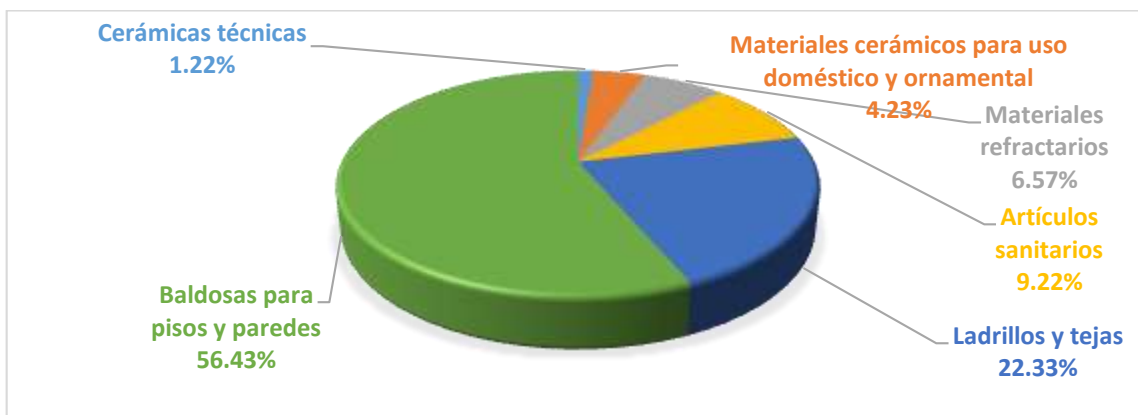


Figura 2. Escala de producción: subsectores de la industria cerámica en España

Fuente: (Juan et al., 2010)

Para investigación, se han clasificado estos residuos en dos categorías de acuerdo con la fuente de materias primas, teniéndose así residuos de pasta roja y pasta blanca, siendo estos últimos de uso más frecuente por lo que representan mayores volúmenes.

De acuerdo a su composición química estos residuos no difieren mayormente, existe solo una variación en la proporción de sílice y alúmina presente debido a la arcilla utilizada, siendo así en los residuos de pasta roja en donde se tiene una mayor cantidad de óxidos de hierro responsables de su tonalidad roja. En la investigación española de Puertas et al. (2008) se tiene un indicio prometedor de que no sería necesaria la separación de los tipos de residuos para obtener un material técnicamente aceptable debido al buen comportamiento puzolánico del CW producto de una combinación de cerámica de revestimiento rojo y blanco. Ya en el 2010, Fernando Pacheco-Torgal & Jalali realizaron un estudio en donde se prepararon cuatro mezclas con 20% de reemplazo de CPO por polvo cerámico, teniendo la siguiente denominación:

- CB: Ladrillos cerámicos
- WSTF: Cerámica blanca cocida dos veces
- SW: Artículos sanitarios
- WSOF: Cerámica blanca cocida una vez

Los resultados de resistencia a compresión de cada una de las mezclas en relación a la mezcla de control se observan en la figura 3 y los de durabilidad en la figura 4.

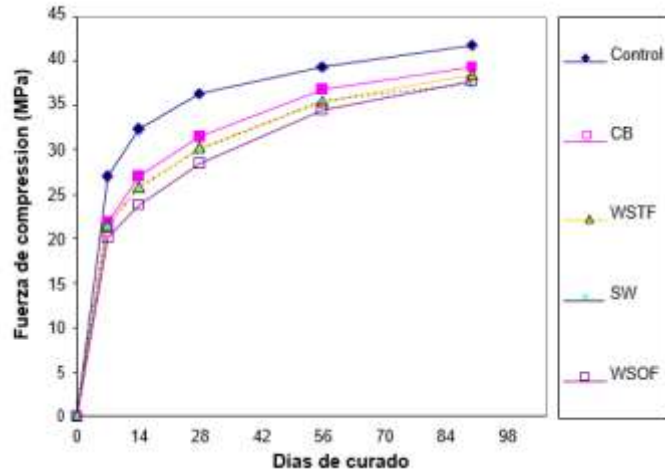


Figura 3. Resistencia a la compresión a diferentes edades de curado.

Fuente: (Pacheco-Torgal & Jalali, 2010)

La gráfica representa que la mezcla de hormigón con 20% de residuos CB tienen una mayor resistencia a la compresión en comparación con los otros residuos experimentados, sin embargo está presente una disminución con respecto a la mezcla de control; esto se debe a las propiedades puzolánicas del CB que tienen una mayor ventaja dado a sus componentes. Además se evidencia que las mezclas con residuos cerámicos a edades tempranas de curado presentan una resistencia a compresión baja en comparación a la mezcla de control, pero a edades tardías se tiene una mejora a tal punto que su variación con respecto a la mezcla de control es mínima.

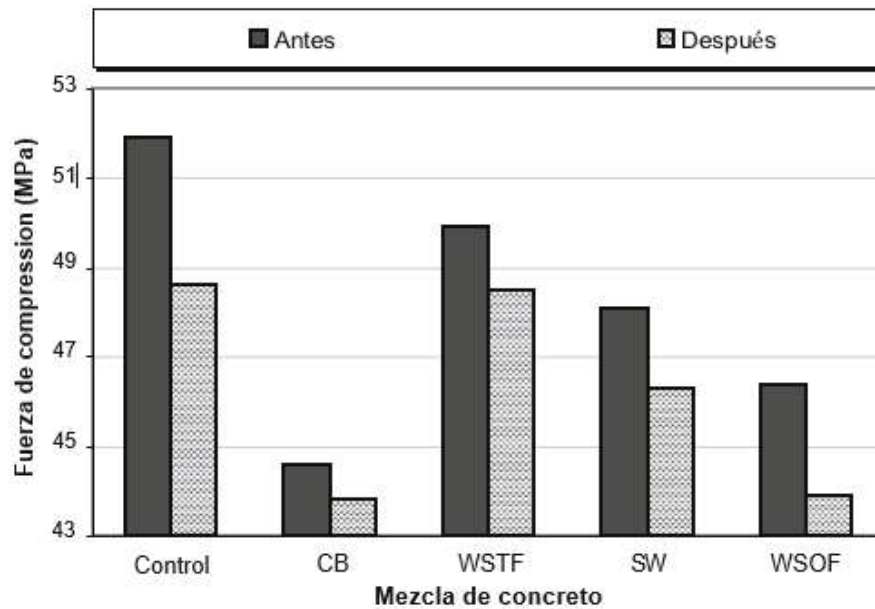


Figura 4. Resistencia a la compresión: antes y después del ensayo de envejecimiento.

Fuente: (Pacheco-Torgal & Jalali, 2010)

La pérdida de resistencia de la mezcla de control tras el ensayo de envejecimiento acelerado fue del 6%, mientras que las que contienen residuos cerámicos como sustituto de cemento fue menor, oscilando entre 2% (CB) y 5% (WSOF). Estos resultados muestran que las mezclas cerámicas tienen mayor durabilidad, lo que confirma el impacto positivo de los aditivos cerámicos en la sustitución del cemento

Cabe recalcar que la literatura científica encontrada referente al tema es mínima, teniendo solo 5 artículos que sirven de base para esta investigación. De la información encontrada entre uno de los parámetros se busca determinar cuál es el porcentaje en peso de sustitución óptimo para un reemplazo del CPO por polvo de residuos cerámicos, entendiéndose por óptimo aquel porcentaje que mantiene o mejora las propiedades de la mezcla original.

Tabla 1. Resumen de tipos de residuos cerámicos empleados en cada investigación.

Año de Publicación	Tema	Autor	Tipo de Residuo Cerámico empleado
2010	Reusing ceramic wastes in concrete	Pacheco Torgal y Jalali	Ladrillo cerámico Cerámica blanca cocida dos veces Artículos sanitarios Cerámica blanca cocida una vez
2015	Use of Ceramic Waste Powder in Cement Concrete	Patel et al.	Baldosa de Revestimiento
2016	Ceramic Waste Powder as an Ingredient to Sustainable Concrete	Kannan et al.	Polvo producto del proceso de pulido de baldosas cerámicas
2016	A Study on Ceramic Waste Powder	Rani	Baldosa de Revestimiento
2018	Effects of Ceramic Tile Powder on Properties of Concrete and Paver Block	Aswin et al.	Baldosa de Revestimiento

Fuente: Vallejo G.

En la tabla 1 se muestra de cada investigación el tipo de residuo cerámico empleado teniendo que la mayoría utiliza a la baldosa de revestimiento como su material a ensayar, esto se debe quizá a la sencillez de obtención de las mismas en los países en los que se desarrollaron los estudios y también a la facilidad de reducción de los residuos cerámicos en polvo para su posterior uso.

Desde el año 2010 comienza la experimentación, aquí la muestra analizada solo tuvo un porcentaje de sustitución que fue del 20%; los resultados obtenidos fueron que la resistencia era menor a la muestra original por lo que no se concluyó que existiera un porcentaje óptimo de reemplazo. En el año 2015 la investigación ya tuvo varios porcentajes de sustitución (0% al 60%), aquí la resistencia a la compresión disminuyó del 0% al 39.7% respectivamente, lo que representa que no se determinó un porcentaje de sustitución adecuado que superara el 0%. Ya en el año 2016 son dos las investigaciones que abordan el tema, una procedente de Emiratos Árabes Unidos y otra de India, ambas llegan a la conclusión de que con un reemplazo del 10% se mejoran algunas propiedades de la mezcla, por lo que se toma a este porcentaje como el óptimo. Finalmente la última referencia

bibliográfica conseguida, es del 2018 y tiene como origen India, en donde al igual que las otras se toma más porcentajes de sustitución, teniendo como resultado que el óptimo es el 30%. Un mayor detalle se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Resumen de dosificaciones y contenidos óptimos de las investigaciones encontradas.

Año de Publicación	Tema	Lugar de Procedencia	Método empleado para dosificación	Dosificación de mezcla original						Contenido óptimo de sustitución de CW en peso del CPO (%)
				CPO (kg)	Agregado Grueso (kg)	Agregado Fino (kg)	Agua (l)	Aditivos	a/c	
2010	Reusing ceramic wastes in concrete	Portugal	Faury	350	1084	699.4	218.51		0.6	-
2015	Use of Ceramic Waste Powder in Cement Concrete	India	-	-	-	-	-		0.46	0
2016	Ceramic Waste Powder as an Ingredient to Sustainable Concrete	Emiratos Árabes Unidos	-	310	1102	749	190	Supelstificante		10
2016	A Study on Ceramic Waste Powder	India	-	492.5	1180.54	555.52	-	-	0.4	10
2018	Effects of Ceramic Tile Powder on Properties of Concrete and Paver Block	India	Método Estándar indio	-	-	-	-	-	0.45	30

Fuente: Vallejo G.

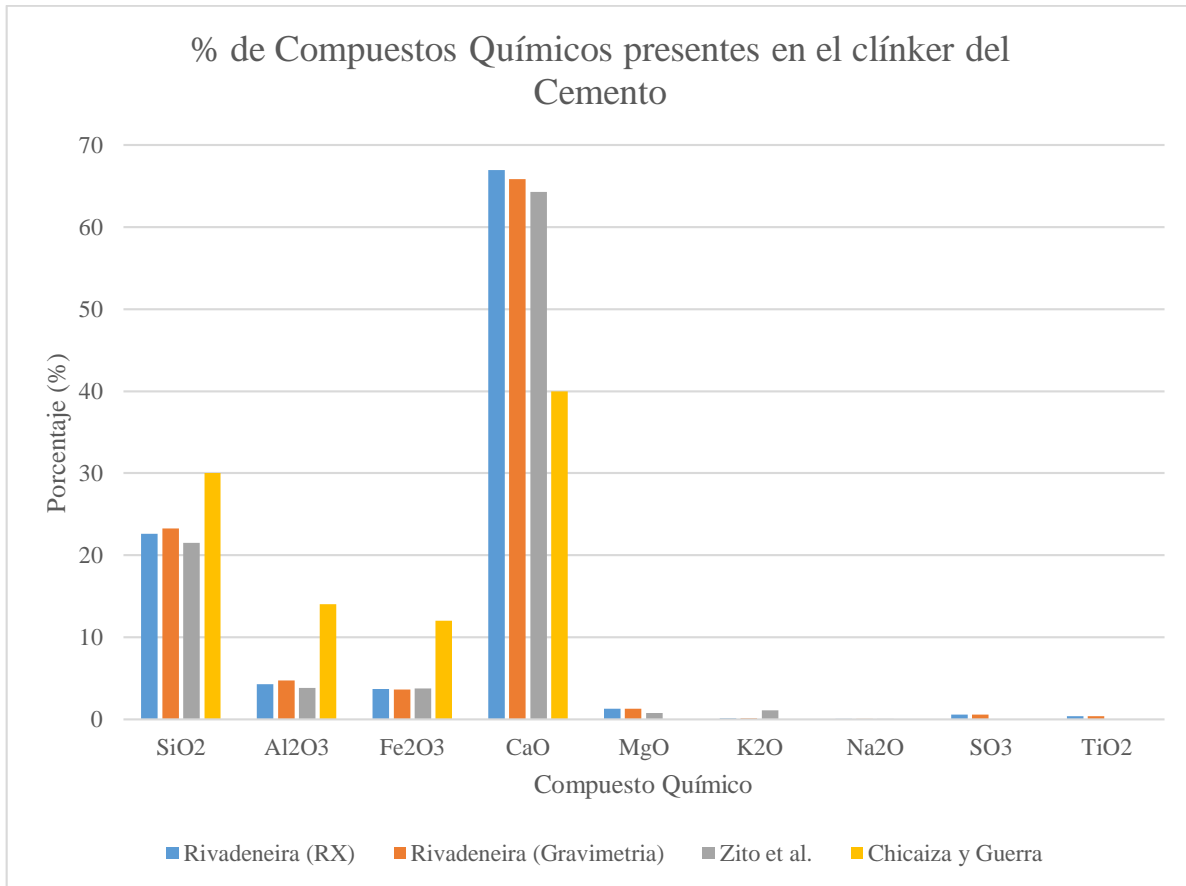


Figura 5. Porcentaje de compuestos químicos presentes en el clínker del cemento

Fuente: Vallejo G.

En la figura 5 se tiene en porcentajes los compuestos químicos existentes en el clínker del cemento. A nivel nacional se tiene que los elementos que predominan son los óxidos de silicio, aluminio, hierro y calcio. Sin embargo en algunas investigaciones se tiene más elementos como los óxidos de magnesio, potasio, sodio, azufre y titanio, aunque están presentes en menor contenido. Un mayor detalle se presenta en Anexo 12

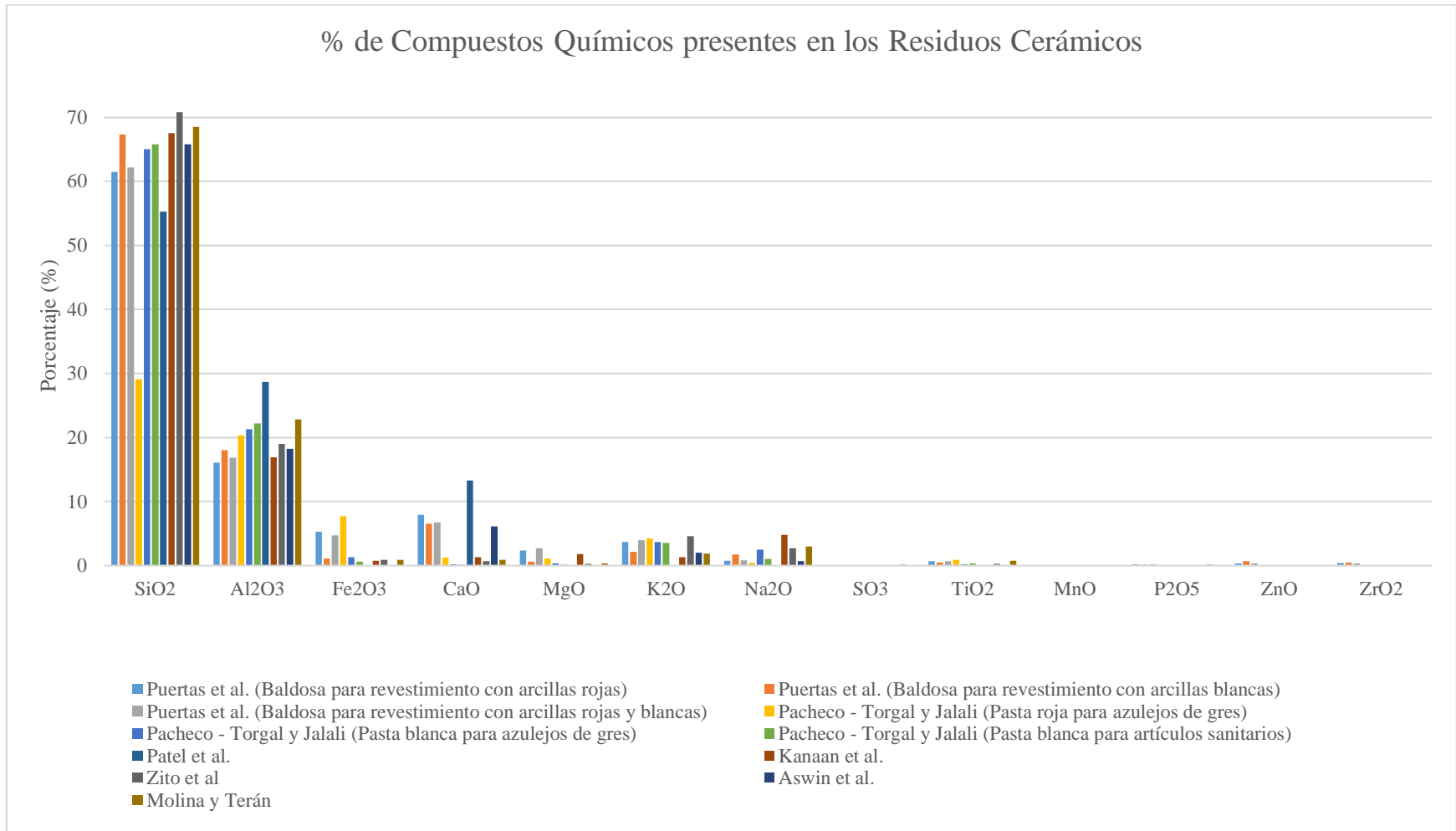


Figura 6. Porcentaje de compuestos químicos presentes en el clínker del cemento

Fuente: Vallejo G.

La figura 6 muestra de igual manera la composición química en porcentajes pero esta vez de los residuos cerámicos de acuerdo a cada una de las investigaciones; aquí se tiene que los elementos que predominan son los óxidos de silicio, aluminio y calcio. Otros compuestos como los óxidos de manganeso, fósforo, zinc y circonio, son los que varían de la composición química del cemento, esto se debe a que elementos como el óxido de circonio son propios de los esmaltados para cerámica. En el Ecuador se tiene residuos cerámicos que contienen los principales óxidos de silicio, aluminio y calcio, los mismos que son comunes a nivel internacional y adicional a estos los óxidos de hierro, magnesio, potasio, sodio, azufre y titanio, como se aprecia en Anexo 13.

La composición química que posee el polvo de CW es similar a la del clínker del cemento, ya que ambos contienen ciertos componentes como se observan en las figuras anteriores. Sin embargo la ausencia de otros elementos del cemento como el yeso, en los residuos cerámicos, no permite que este polvo sea un sustituto completo, por lo que algunas de sus propiedades podrían cambiar por ejemplo su capacidad a compresión.

Por otra parte, el hormigón presenta una serie de propiedades de las cuales sobresaltan la resistencia a compresión y la durabilidad; estos dos son los aspectos tratados en la investigación. De los artículos encontrados todos abarcan la resistencia a la compresión pero son pocos los que ahondan en la durabilidad.

Con respecto al primer parámetro se sabe que las mezclas de hormigón con sustitución de CPO por polvo de CW, aumentan su resistencia a la compresión hasta cierto porcentaje que se conoce como el óptimo y con un incremento de este porcentaje se evidencia que el valor de la resistencia tiende a disminuir, esto con respecto a la mezcla original o de control.

Los valores analizados de todas las investigaciones, son los obtenidos a los 28 días posteriores a la elaboración de la mezcla, ya que a esta edad es cuando se espera se alcance casi la totalidad de la resistencia estimada. Se ha determinado que las mezclas con sustitución del CPO por polvo de CW, presentan una mayor resistencia a la compresión a edad tardía, es decir que alcanzan mayores resistencias que las encontradas a los 7 días.

La primera investigación revisada señala que con un 20% de sustitución la resistencia a compresión disminuye, sin embargo para períodos de curado prolongados se tiene una pérdida mínima de resistencia; de los demás estudios, se tiene los siguientes resultados en las figuras 7, 8, 9 y 10.

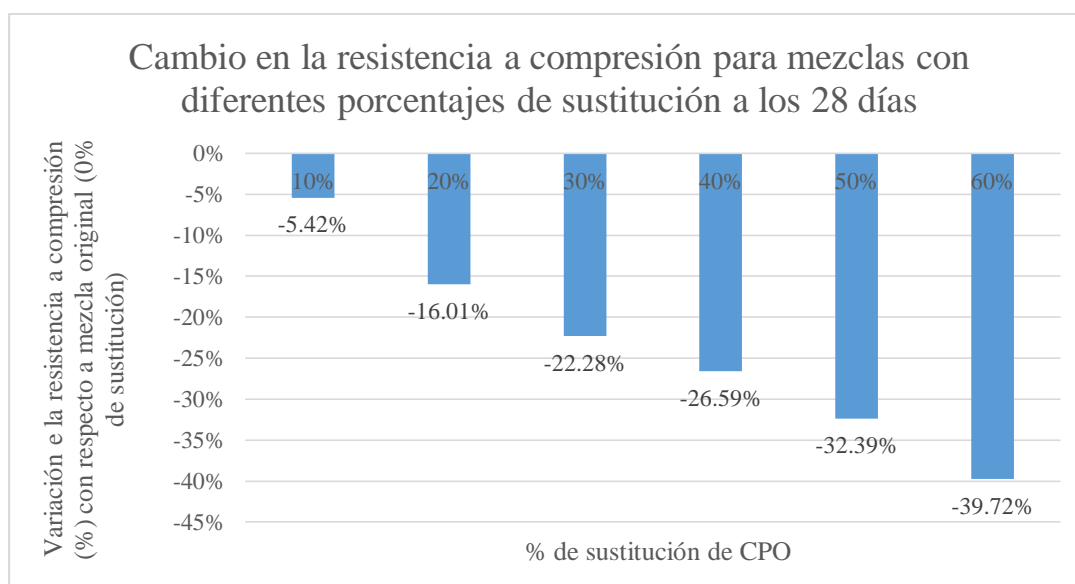


Figura 7. Variación en porcentajes de la resistencia a compresión para diferentes valores de sustitución con respecto a la mezcla original en estudio de Patel et al. (2015)

Fuente: (Patel et al., 2015)

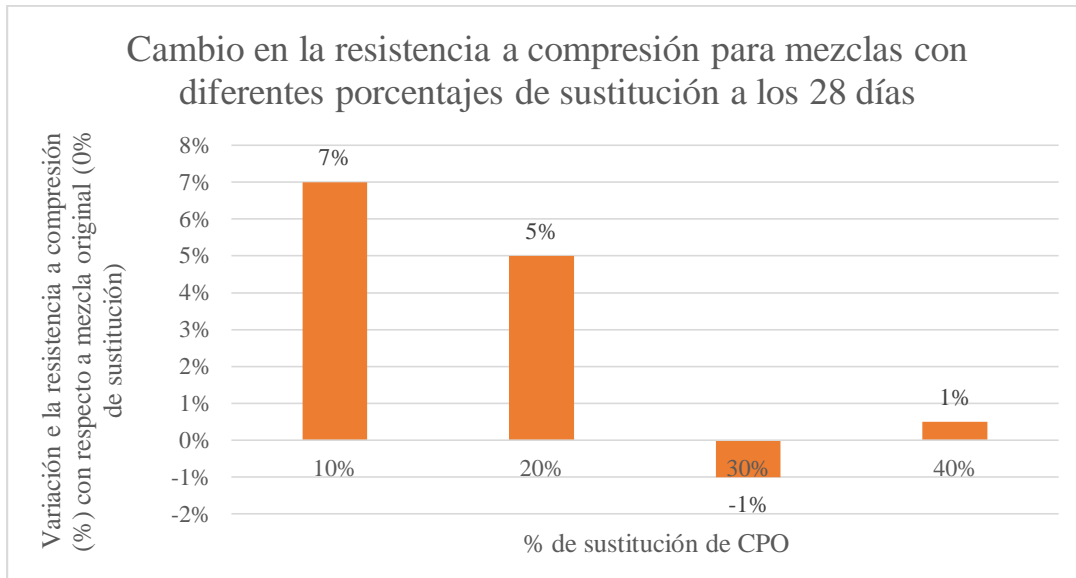


Figura 8. Variación en porcentajes de la resistencia a compresión para diferentes valores de sustitución con respecto a la mezcla original en estudio de Kanaan & EL-Dieb (2016)

Fuente: (Kanaan & EL-Dieb, 2016)

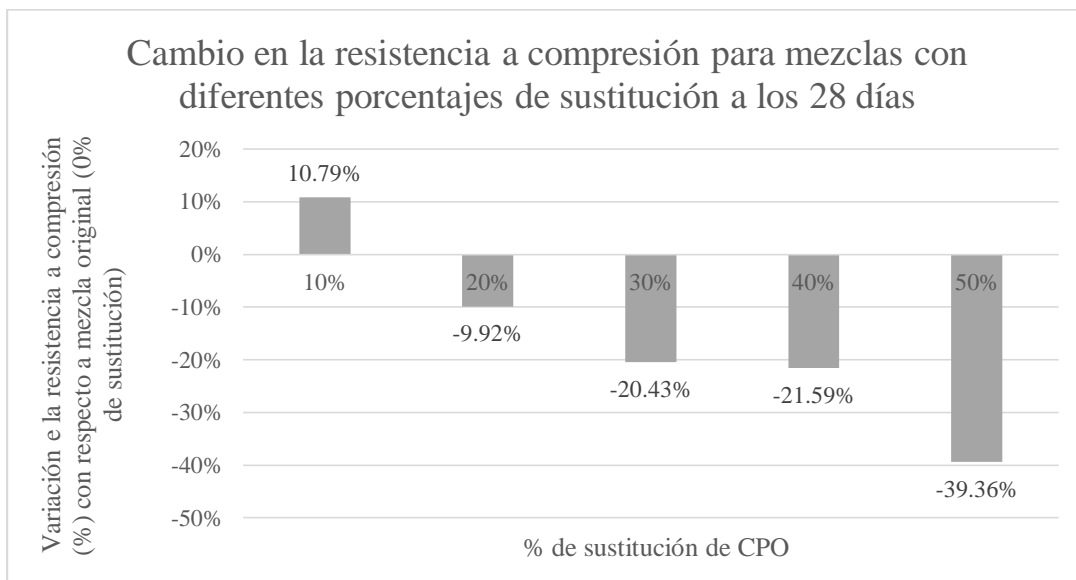


Figura 9. Variación en porcentajes de la resistencia a compresión para diferentes valores de sustitución con respecto a la mezcla original en estudio de Rani (2016)

Fuente: (Rani, 2016)

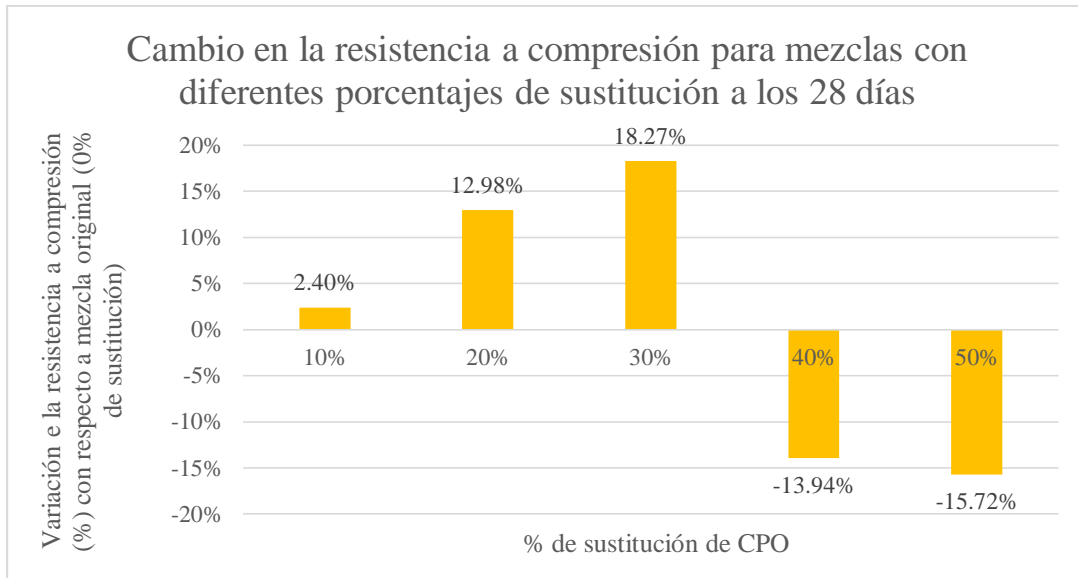


Figura 10. Variación en porcentajes de la resistencia a compresión para diferentes valores de sustitución con respecto a la mezcla original en estudio de Aswin (2018)

Fuente: (Aswin, 2018)

Las gráficas resumen de cada investigación comparan la variación en porcentaje de resistencia a compresión con respecto a la mezcla de control a los 28 días; se escogió esta edad porque además de que todas las investigaciones poseían estos datos, esta es la edad en donde se estima se obtenga el 99% de la resistencia esperada. Los porcentajes negativos que se visualiza al sustituir el cemento de la mezcla por polvo de CW en un determinado valor, representan que la mezcla con esa sustitución disminuye su resistencia a la compresión con relación a la mezcla de control y por ende los resultados próximos a cero o positivos indican que la resistencia se mantiene o aumenta respectivamente.

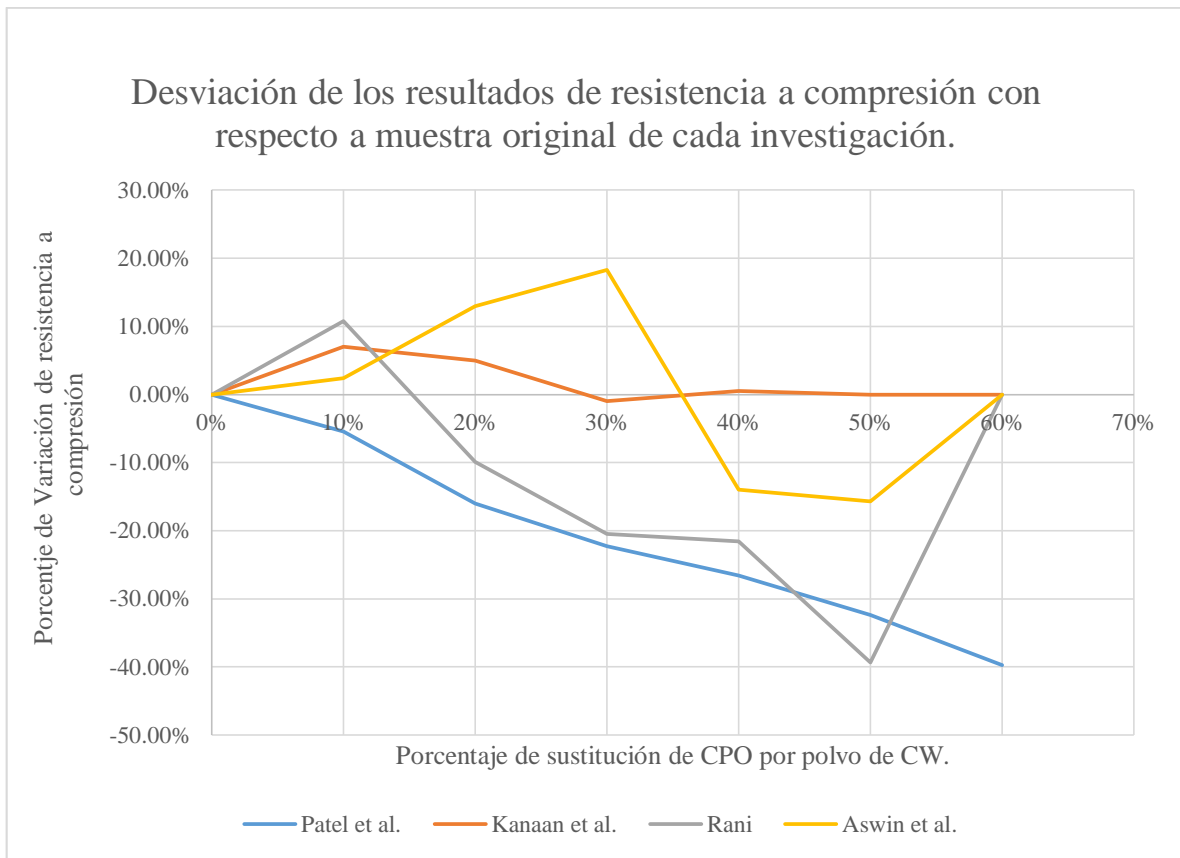


Figura 11. Desviación de la resistencia a compresión para diferentes valores de sustitución con respecto a la mezcla original.

Fuente: Vallejo G.

En la figura 11, se observa claramente la desviación de los datos de todas las investigaciones con respecto al porcentaje de sustitución. Para un 10% de reemplazo 3 estudios señalan que hay una mejora en la resistencia mientras que uno presenta una disminución, para un 20% y 30% de sustitución solo una investigación presenta mejora en la resistencia, a partir de ello tiende a disminuir en todos los casos; solo una investigación estudia el 60% de reemplazo, pero como era de esperarse su valor sigue siendo negativo. La tendencia es que a medida que se incrementa el valor del reemplazo el porcentaje de variación negativo es mayor, lo que quiere decir que la resistencia con respecto a la mezcla

original tiende a disminuir a partir del 10%, solo la investigación de Aswin et al., manifiesta hay un crecimiento de la resistencia hasta un 30% y luego hay una considerable disminución de este valor con una sustitución del 40%, no se cuenta con los datos necesarios en este estudio para conocer la razón de esta variación.

De acuerdo a la investigación realizada el porcentaje de sustitución óptimo será del 10%, ya que con este valor la mayoría de las investigaciones presentan un incremento en su resistencia desde el 2.40% hasta el 10.79%.

Tabla 3. Resumen de variaciones en porcentajes de resistencia a compresión de acuerdo a cada investigación.

Porcentaje de Sustitución del CPO por polvo de CW	Investigación				Porcentaje de variación conservador
	Patel et al.	Kanaan et al.	Rani	Aswin et al.	
10%	-5.42%	7.00%	10.79%	2.40%	2.40%
20%	-16.01%	5.00%	-9.92%	12.98%	-16.01%
30%	-22.28%	-1.00%	-20.43%	18.27%	-22.28%
40%	-26.59%	0.50%	-21.59%	-13.94%	-26.59%
50%	-32.39%	0.00%	-39.36%	-15.72%	-39.36%
60%	-39.72%	0.00%	0.00%	0.00%	-39.72%

Fuente: Vallejo G.

En la Tabla 3 se muestra la variación del porcentaje de resistencia a compresión para cada porcentaje de sustitución, cabe recalcar que debido a la falta de datos se toma como porcentajes de variación a los valores más conservadores, teniendo así que para un 10% de sustitución de CPO por polvo de CW la resistencia puede aumentar como mínimo en un 2.40%, para el 20% de reemplazo se tiene una reducción máxima del 16.01% de la resistencia con respecto a la muestra de control es decir la que no tiene un porcentaje de sustitución; con el 30% de reemplazo la resistencia tiende a disminuir en máximo el

22.28%, con el 40%, 50% y 60% se reduce en máximo un 26.59%, 39.36% y 39.72% respectivamente.

El porcentaje de sustitución óptimo no es un valor exacto, ya que los intervalos de variación de los porcentajes de reemplazo son de 10; con intervalos de 1% y teniendo un margen de error de $\pm 3\%$ (de 7% a 13%) se podrá tener valores referenciales más confiables. Además no existe un punto de comparación entre los resultados ya que cada investigación emplea tanto diferentes materiales en su composición como métodos para su dosificación.

Por otra parte la durabilidad de una estructura de hormigón es un tema muy complejo, ya que depende a la vez de diversos factores como el ambiente de exposición, las características propias del hormigón, entre otros. La durabilidad del hormigón cuyo cemento ha sido reemplazo parcialmente por CW es mayor a la de uno normal, de acuerdo a los ensayos realizados entre más se incrementa el porcentaje de sustitución mayor será la durabilidad esperada.

Para la elaboración del hormigón con sustitución cementicia, cada una de las investigaciones parte de la obtención del polvo de los residuos cerámicos; el método utilizado consiste básicamente en colocar una cantidad específica de residuos de cerámica previamente quebrantada, dentro de un tambor cilíndrico de acero que está montado horizontalmente (Máquina de los Ángeles), a continuación se añade una carga de bolas de acero y se le aplica un número determinado de revoluciones; el choque entre el agregado y las bolas da por resultado la trituración del material, esto se debe realizar hasta lograr una granulometría equivalente a la del cemento, varias investigaciones recalcan que la utilización de estos residuos son viables siempre que el tamaño de la partícula sea inferior a

90 μm (tamiz N°170) por lo que la mayoría usa un tamaño inferior a 75 μm (pasante del tamiz N°200).

Luego de esto se realiza la caracterización del polvo obtenido, mediante varios ensayos químicos y mineralógicos, que se detallan a continuación:

- Difractometría de Rayos X (XDR): en donde mediante un difractómetro de rayos X se determina la composición mineralógica.
- Fluorescencia de rayos (XRF): con el cuál se obtiene los componentes químicos.
- Microscopía Electrónica de Barrido (MEB): permite conocer la topografía de la superficie de la muestra y la composición química elemental.
- Análisis Termogravimétrico (ATG): para establecer los productos de reacción y que proporciones se han formado.

Con estos resultados y conjunto con los ensayos ya conocidos que se elaboran a los agregados que componen la mezcla (agregado grueso y fino) y el cemento, se realiza la dosificación correspondiente. Cada investigación tiene un tipo diferente de dosificación, teniendo así por ejemplo al método Faury, que es uno de los métodos basados en el contenido de cemento.

Posterior a esto se realiza la mezcla que puede ser a mano para una escala de laboratorio o a máquina (concretera) para un mayor volumen. La elaboración de esta mezcla sigue los mismos pasos que para un hormigón normal, salvo con la diferencia que se debe mezclar previamente el polvo de CW con el cemento, en estado seco para formar una sola sustancia polvosa.

Para la determinación de la resistencia a compresión de cada una de las muestras, se toman como mínimo 3 especímenes para cada edad a la cual se va a realizar el ensayo, estos pueden ser: 1, 7 y 28 días. Las muestras una vez curadas y desmoldadas se procede a colocarlas en la máquina de ensayo de compresión, en donde por medio de una placa, se aplica la carga constante hasta la falla. Estos valores son tabulados hasta obtener un valor promedio que será la resistencia de compresión de la muestra. Este proceso se repite para cada mezcla que se realiza con varios porcentajes de sustitución de CPO. Para determinar la durabilidad, se emplean varios métodos como el ensayo de envejecimiento acelerado por radiación UV (según norma ASTM G 154).

Para corroborar el porcentaje de sustitución óptimo determinado tras investigación bibliográfica, se continuó con la parte experimental, empleando para la dosificación de la mezcla el método de densidad óptima considerando los valores de las propiedades de los materiales determinados en las tesis ya mencionadas en metodología (Anexo 14).

Se trabajó con los valores determinados de los ensayos de humedad (Anexo 15) y densidad óptima de agregados (Anexo 16) realizados en los laboratorios de Corporación Estudios Especializados de la ciudad de Riobamba, en donde se procedió a realizar la elaboración, curado y ensayo de las muestras cilíndricas, partiendo de los datos finales (Anexo 17). Tras correcciones de humedad se obtuvo la siguiente dosificación para cada mezcla (20 muestras cilíndricas de 10 cm x 20 cm):

Tabla 4. Dosificaciones para cada mezcla tras correcciones de humedad.

Descripción	Agua (kg)	Cemento (kg)	Polvo de CW (kg)	A. Fino (kg)	A. Grueso (kg)
Hormigón 21 MPa con 0% de sustitución de polvo de CW.	6.25	10.90	0	18.48	36.93
Hormigón 21 MPa con 7% de sustitución de polvo de CW.	6.25	10.14	0.76	18.48	36.93
Hormigón 21 MPa con 10% de sustitución de polvo de CW.	6.25	9.81	1.09	18.48	36.93
Hormigón 21 MPa con 13% de sustitución de polvo de CW.	6.25	9.49	1.42	18.48	36.93

Fuente: Vallejo G.

Tabla 5. Resumen de promedios de resistencias a compresión a 3, 7, 14 y 28 días de fraguado.

Días	3	7	14	28
0%	9.79	14.53	16.70	20.78
7%	7.46	10.41	12.81	15.55
10%	7.03	10.54	12.76	15.07
13%	6.87	9.74	12.20	14.91

Fuente: Vallejo G.

Las probetas fueron planificadas ensayar a los 3, 7, 14 y 28 días pero por mantenimiento de la máquina universal en la cual se realiza el ensayo a compresión no se pudo ejecutar la prueba a la edad de 14 días, siendo las muestras del 0% y 7% de sustitución ensayadas a los 17 días y las de 10% y 13% a los 15 días, por lo que los resultados de resistencia a la compresión a los 14 días son un aproximado, para un mejor detalle observar Anexo 18, Anexo 19, Anexo 20, Anexo 21, Anexo 22 y Anexo 23. En la tabla 5 se muestra claramente como a partir de los 3 días ya existe una reducción de los especímenes que tienen un porcentaje de sustitución de cemento con respecto a los que no poseen este reemplazo.

Tabla 6. Resumen de variaciones en porcentajes de resistencia a compresión para cada edad.

Porcentaje de Sustitución del CPO por polvo de CW	Días			
	3	7	14	28
0%	46.60%	69.20%	79.53%	98.94%
7%	35.54%	49.59%	61.00%	74.05%
10%	33.50%	50.17%	60.76%	71.78%
13%	32.73%	46.36%	58.10%	71.00%

Fuente: Vallejo G.

Según estudios experimentales del Laboratorio de Ensayo de Materiales, FICM – UTA mencionados en la investigación de Martínez (2016) a la edad de 3 días se espera que la resistencia se aproxime a un 50% de la resistencia final esperada, a los 7 días al 70%, a los 14 días al 85% y a los 28 días al 100%, para un mayor detalle de los límites máximos y mínimos y la curva comparativa de edad versus resistencia a compresión del hormigón elaborado con diferentes marcas comerciales de cemento Portland, observar Anexo 24 y Anexo 25. Como se observa en la tabla 6 los valores de resistencia en las probetas que no sufrieron un reemplazo en cuanto a la cantidad de cemento mantienen o superan estos porcentajes, mientras que las mezclas que tuvieron un porcentaje de sustitución por polvo de CW presentan valores inferiores en porcentaje. Se toma como válida la disminución porcentual en la edad de 28 días debido a que es la edad a la cual se realizan todos los cálculos de especificaciones.

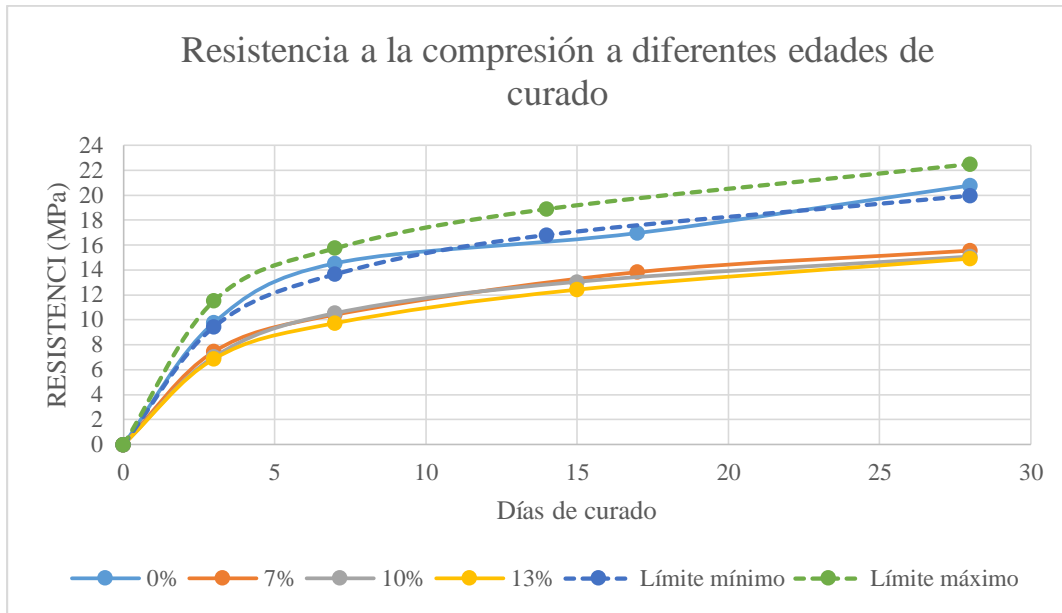


Figura 12. Resistencia a la compresión a diferentes edades de curado para cada porcentaje de sustitución.

Fuente: Vallejo G.

Como se muestra en la gráfica resumen de resistencias a compresión a diferentes edades para cada porcentaje de sustitución (0%, 7%, 10% y 13%), los cilindros ensayados con porcentaje de sustitución al 13% tienen menor resistencia a compresión que los cilindros normales, es decir los que no tienen un porcentaje de sustitución de cemento por polvo de residuos cerámicos. Con el 7% de sustitución la disminución en resistencia es menor, obteniendo una resistencia que varía en un 24.89% respecto a la resistencia esperada. Esto debido a que el polvo de residuos cerámicos no tiene las mismas proporciones de los componentes del cemento, por lo que esto causaría un impacto negativo en las funciones estructurales de cualquier tipo de construcción. En cuanto a la durabilidad se observa que a medida que aumenta la edad del hormigón la resistencia tiende a incrementar acercándose a la resistencia esperada, por lo que puede mermar el impacto del uso del polvo de CW como sustituto del cemento.

Desde el punto de vista económico, el cemento representa casi la mitad del costo de la producción del hormigón, por lo que su sustitución por material de desecho de características similares es un importante ahorro. Es posible realizar nuevas dosificaciones con mayor resistencia para que al ser sustituida por polvo cerámico y disminuir la resistencia se alcance la de la especificación técnica esperada, sin embargo esto merecerá un análisis económico profundo para conocer si al aumentar la cantidad de cemento a emplear se alcanza al menos ahorro económico.

Se realiza un APU de dos tipos de hormigones: hormigón convencional de $f'c = 21$ MPa. y hormigón de $f'c = 28$ MPa con un sustitución del 7% de CPO por polvo de CW. Se seleccionó la resistencia de 28 MPa puesto que los estudios manifiestan que con un 7% de reemplazo de CPO por polvo de CW, la resistencia a compresión disminuye como máximo en un 24.89%, teniendo así que la mezcla puede llegar a la resistencia esperada de 21 MPa a los 28 días.

Para la estimación del costo de los hormigones con sustitución de CPO, se tiene dos datos referenciales, el uno ecuatoriano que no contempla una producción en masa y otro español que si lo hace. El estudio ecuatoriano es el de Chicaiza & Guerra (2017), aquí el valor es de \$0.33 por kilogramo de polvo de residuo cerámico; las autoras señalan que este costo es superior al del kg de cemento puesto que para realizar la investigación se pagó por la trituración del material en un laboratorio. En cambio que en el estudio elaborado por Cotanda (2018) en donde se realiza el diseño de una planta para producir un polvo granulado a partir de residuos cerámicos, el valor por tonelada de polvo de residuo es de 24.7€; para la transformación de este valor a dólares se consideró la tasa de conversión para febrero de 2018, teniendo un total por tonelada de

\$30.13, tomando en cuenta la inflación del dólar hasta el 2020 se tiene un valor final de \$0.031 por kilogramo de polvo de residuos cerámicos.

El valor de \$0.33 por kilogramo de polvo de residuos cerámicos no se emplea como valor referencial para esta investigación puesto que no es un costo real de producción. Al trabajar con un valor de \$0.031 por kilogramo de polvo de CW, se obtuvo que el precio de un hormigón de $f'c = 28$ MPa con sustitución del 7% que se espera llegue a la misma resistencia ($f'c = 21$ MPa) es 1.23% menor al precio del hormigón convencional. (Anexo 26 y 27).

Comparando los valores se observa que el precio disminuye, lo que da la idea de que en mayores volúmenes y contando con los equipos adecuados, la sustitución del CPO por polvo de residuos cerámicos traerá no solo ventajas en cuanto a las propiedades de durabilidad del material sino también en el ámbito económico. En el estudio realizado por Sosa (2019) se menciona que la industria de la construcción en el Ecuador es muy tradicional ya que se siguen empleando métodos y técnicas similares a las de años anteriores y no se ha modernizado como en otras industrias; al utilizar nuevos materiales como el polvo de los residuos cerámicos a través de la creación de una maquinaria específica para este fin o la adaptación de alguna otra máquina similar, podría disminuir costes de producción y por lo tanto bajar el costo de construcción de obras civiles.

Por otra parte, como se explicó anteriormente la producción de cemento conlleva una gran emisión de CO_2 a la atmósfera, las investigaciones demuestran que por cada tonelada de cemento producida se tiene casi una tonelada de CO_2 emitida. El necesitar menor cantidad de cemento en la elaboración de hormigones, representa

menores emisiones contaminantes, lo cual es un beneficio importante para el medio ambiente.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Los residuos cerámicos pueden ser obtenidos de la industria cerámica o a su vez de residuos de construcción y demolición; de acuerdo a la fuente de materia prima empleada en su fabricación estos se clasifican en residuos de pasta blanca y pasta roja, sin embargo las investigaciones demuestran que las variaciones en las propiedades de las mezclas son mínimas comparando las pastas blancas, con las rojas y con una combinación de las dos, lo que evitaría una previa clasificación de acuerdo a la naturaleza de su procedencia, logrando un ahorro en costos y tiempo de producción.
- Las propiedades del hormigón con sustitución del CPO por diferentes tipos de residuos cerámicos tanto de pasta blanca como de pasta roja, presentan similitudes entre sí; obteniendo una disminución en la resistencia a la compresión con respecto a la mezcla de control, siendo el producto de pasta roja el que mayor semejanza presenta con esta mezcla. En cuanto a la durabilidad la mezcla de control tuvo una pérdida de resistencia del 6% mientras que las mezclas con sustitución tuvieron pérdidas entre el 2% y el 5%. Estos resultados dan la idea de que los hormigones independientes del tipo de residuo cerámico empleado como reemplazo cementicio, aunque tienen una baja en su resistencia a la compresión poseen una mayor durabilidad debido a sus propiedades puzolánicas.
- El 66.67 % de las investigaciones bibliográficas toma al 10% como el porcentaje óptimo de reemplazo mientras que el porcentaje restante señala que es el 30%.

No se puede determinar una respuesta al porqué de esta variación, ya que tanto los métodos de dosificación como los materiales empleados son diferentes en cada experimentación. Por lo tanto, para tener resultados más conservadores, en este estudio se toma como posible porcentaje óptimo teórico al 10%; debido a que con este valor se ha obtenido una mejora en la resistencia a compresión y en la durabilidad, esto debido a la capacidad puzolánica del polvo de CW. En cuanto a la composición química hay una compatibilidad entre la del cemento y los residuos cerámicos, ambos presentan componentes como: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , K_2O , Na_2O y TiO_2 ; en el Ecuador las pocas investigaciones concuerdan que en ambos elementos se encuentran óxidos de silicio, aluminio, hierro y calcio. Estos componentes se presentan en diferentes proporciones que no se asimilan en su totalidad razón por la cual el polvo de residuos cerámicos no puede ser un sustituto total sino parcial del cemento en un hormigón.

- El polvo de residuos cerámicos posee propiedades puzolánicas similares a las del cemento por lo que efectivamente es un material que puede ser su sustituto parcial más no total. La resistencia a la compresión es una propiedad importante de los hormigones y guarda relación con la durabilidad. En el caso de los hormigones que poseen una sustitución cementicia, se evidencia que estas propiedades varían de acuerdo al porcentaje de reemplazo. Tal es el caso que cuando se tiene hasta un 10% de sustitución de CPO por polvo de CW la resistencia a compresión aumenta hasta en un 2.40% teóricamente. Si este porcentaje aumenta la durabilidad también incrementa. Los estudios señalan que esto se puede atribuir a las partículas finas del polvo de CW que dan un efecto de micro relleno, esto conjuntamente con la reactividad puzolánica del polvo de

CW, dan lugar a que la resistencia incremente al igual que la durabilidad. Si se tuviese un mayor porcentaje de reemplazo, la durabilidad incrementaría pero la resistencia disminuiría.

- Todas las experimentaciones realizadas demuestran que el uso de residuos cerámicos a manera de polvo en hormigones es factible y viable, dadas las características puzolánicas que estos residuos presentan. La adición de un material diferente a la mezcla provoca una variación en sus propiedades; en este caso el CPO sustituido por el 10% de polvo de residuos cerámicos teóricamente incide directamente en un incremento de su resistencia a compresión y durabilidad. Los beneficios del empleo de este tipo de hormigón son múltiples, por una parte por el uso de residuos cerámicos que forman partes de los vertederos de residuos de las ciudades, permitiendo así que aumente la vida útil de las escombreras y se tenga una menor contaminación visual. La disminución de emisiones de CO₂ a la atmósfera es otro gran beneficio, ya que al requerir de menor cantidad de cemento se disminuye la energía necesaria para su elaboración, viéndose también involucrada una menor explotación en las canteras ya que el material necesario para la fabricación es menor.
- Experimentalmente se comprueba que el porcentaje de sustitución óptimo no es el teórico, puesto que la resistencia no tiende a incrementar sino disminuye de la esperada considerablemente, por lo que con los porcentajes y materiales ensayados en esta investigación no se encontró un porcentaje de sustitución que permita mejorar las propiedades de resistencia a la compresión, esto debido a que el polvo de residuos cerámicos no tiene componentes 100% iguales al cemento. Al tener una baja la resistencia a compresión, existe la necesidad de

realizar dosificaciones de mayor resistencia para que al disminuir la misma con la sustitución se llegue a la resistencia de la especificación técnica para cada caso.

6.2. Recomendaciones

- Es necesario realizar los ensayos ya descritos en esta investigación para determinar la composición química y mineralógica de los residuos cerámicos procedentes de las principales fábricas de la zona, para comprobar que estas sean compatibles con el cemento producido en el país, obteniendo proporciones adecuadas para la fabricación de la mezcla que ofrezca los mejores resultados posibles.
- Se recomienda realizar más ensayos a la nueva mezcla de hormigón tanto en su estado fresco como endurecido, para determinar más propiedades como resistencia a flexión, tracción, trabajabilidad, etc., y evaluar los efectos que produce en estas.
- Para determinar el mejor uso que se le puede dar a este nuevo hormigón, se puede realizar simulaciones de su empleo tanto en elementos estructurales y no estructurales, tales como vigas, columnas o losas en el primer caso y revestimientos o morteros en el segundo caso.
- Se recomienda que para la elaboración de este nuevo producto (polvo de residuos cerámicos) se debe manejar grandes cantidades de producción, para que los costos se abaraten. Además para lograr el mismo propósito se podría pensar en la elaboración de maquinaria de mayor capacidad para la obtención del polvo.

- Es necesario medir la producción de CO₂ que se genera en cada uno de los procesos para la obtención del polvo de residuos cerámicos, esto con el afán de comparar con la emanación de gases que involucra la producción del cemento y determinar si es conveniente realizar la sustitución de CPO por polvo de residuos cerámicos desde el punto de vista ambiental.
- Debido a que se trabaja con dosificaciones y costos obtenidos de estudios previos, los valores son referenciales, es decir, que los mismos pueden variar, por lo que se recomienda realizar un análisis a la fecha si se desea ejecutar la parte práctica de la investigación.
- De lo visto en las investigaciones consultadas en este trabajo se conoce que el porcentaje de resistencia disminuye en menor cantidad en relación a la resistencia esperada cuando se incrementa la edad de curado, por lo que es conveniente que las pruebas de compresión a especímenes de hormigón con sustitución parcial de cemento por polvo de residuos cerámico se realicen a edades superiores de 28 días.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asociación de Fabricantes de Cemento Portland, A. (2014). *La industria del Cemento y la Sostenibilidad*.
- ASTM, A. S. for T. and M. (2007). *Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates*. i(C), 1–11.
- Aswin, M. and R. (2018). *Effects of Ceramic Tile Powder on Properties of Concrete and Paver Block*. 3(4), 84–87.
- Chicaiza, C., & Guerra, G. (2017). *Estudio del uso de residuos cerámicos como sustituo de un porcentaje del cemento para la fabricación de morteros*.
- Cisneros, R. (2017). *Análisis de la industria cementera en Ecuador, concentración versus abuso de poder de mercado en el periodo 2011-2015*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Cotanda, J. (2018). *Diseño de una planta para producir un polvo granulado a partir de residuos cerámicos*. Universitat Jaume I.
- Davidovits, J. (2015). False Values on CO2 Emission For Geopolymer Cement/Concrete published In Scientific Papers. *Geopolymer Institute Library, Technical Paper, 24*, 1–9.
- Delgado, A., & Negrete, C. (2012). *Evaluación del uso de arcillas y puzolanadas en la etapa de molienda de acabado para la fabricación de cemento Portland puzolánico tipo IP*. Universidad de Cuenca.
- Guo, X., Shi, H., & Dick, W. A. (2010). Compressive strength and microstructural

characteristics of class C fly ash geopolymer. *Cement and Concrete Composites*, 32(2), 142–147. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2009.11.003>

Habert, G. (2013). 1 - Environmental impact of Portland cement production. *Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering*, 3–25. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1533/9780857098993.1.3>

Hernández, E., & Saravia, F. (2018). *Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del hormigón elaborado con cerámicos reciclados como sustituo del agredado grueso*. <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>

INECYC, I. E. del C. y del H. (2017). *Comercialización del cemento e importaciones*. <https://www.inecyc.org.ec/estadisticas/>

Juan, A., Medina, C., Guerra, M. I., Morán, J. M., Aguado, P. J., De Rojas, M. I. S., Frías, M., & Rodríguez, O. (2010). Re-Use of ceramic wastes in construction. *Recycling: Processes, Costs and Benefits*, 271–284.

Kanaan, D. M., & EL-Dieb, A. S. (2016). Ceramic waste powder as an ingredient to sustainable concrete. *Sustainable Construction Materials and Technologies*, 2016-Augus.

Martinez, L. (2016). *Análisis comparativo de la edad vs la resistencia a la compresión del hormigón elaborado con diferentes marcas de cementos Portland*. Universidad Técnica de Ambato. <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/5301/Mg.DCEv.Ed.1859.pdf?sequence=3>

Molina, B., & Terán, J. (2019). *Análisis del fraguado y de la resistencia a la compresión de*

pastas de cemento sustituidas parcialmente por polvo cerámico.

<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>

Mora, D. (2014). Hormigones con agregados cerámicos: Caracterización del hormigón resultante de utilizar el desecho de la industria cerámica de la ciudad de Cuenca como agregado grueso. In *El Escorial*. Universidad de Cuenca.

NTE INEN 156. (2009). Cemento hidráulico. Determinación de la densidad. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*.

NTE INEN 1573. (2010). *Hormigón de Cemento Hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico.*

NTE INEN 1576. (2011). *Hormigón de Cmento Hidráulico. Elaboración y curado en obra de especímenes para ensayo.*

NTE INEN 856. (2010). *Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino.*

NTE INEN 857. (2010). *Áridos. Determinación de la Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción del Arido Grueso.* <http://apps.normalizacion.gob.ec>

NTE INEN 858. (2010). *Determinación de la masa unitaria (Peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos.* <file:///C:/Users/braya/Desktop/858.pdf>

NTE INEN 862. (2011). *Áridos para hormigón. Determinación del contenido total de humedad.*

Pacheco-Torgal, F., & Jalali, S. (2010). Reusing ceramic wastes in concrete. *Construction*

and Building Materials, 24(5), 832–838.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.10.023>

Pacheco-Torgal, Fernando, & Jalali, S. (2010). Cementitious building materials reinforced with vegetable fibres: A review. *Construction and Building Materials*.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.07.024>

Patel, H., Arora, N. K., & Vaniya, S. R. (2015). Use of Ceramic Waste Powder in Cement Concrete. *IJIRST - International Journal for Innovative Research in Science & Technology*, 2(1), 91–97.

Pérez, 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*. Universidad Central Marta Abreu de las Villas.

Pucha, F., & Llanga, X. (2010). *Propuesta de vivienda popular conformada por paredes portantes de concreto elaborado con material reciclado* [Universidad Nacional de Chimborazo].

<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/677%0Ahttp://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1381/1/UNACH-EC-AGR-2016-0002.pdf>

Puertas, F., Barba, A., Gazulla, M. F., Gómez, M. P., Palacios, M., & Martínez-ramírez, S. (2006). Ceramic wastes as raw materials in portland cement clinker fabrication: Characterization and alkaline activation. *Materiales de Construcción*, 56(281), 73–84.

Puertas, F., García-Díaz, I., Barba, A., Gazulla, M. F., Palacios, M., Gómez, M. P., & Martínez-Ramírez, S. (2008). Ceramic wastes as alternative raw materials for Portland cement clinker production. *Cement and Concrete Composites*, 30(9), 798–805.

<https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2008.06.003>

Rani, M. S. (2016). A Study on Ceramic Waste Powder. *International Journal of Civil Engineering*, 3(7), 1–6. <https://doi.org/10.14445/23488352/ijce-v3i7p101>

Rivadeneira, C. (2014). *Mejoramiento de la resistencias iniciales del cemento utilizando aditivos sintéticos en la molienda final para la empresa Cemento Chimborazo C. A.* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Rodriguez, E., & Villalba, J. (2016). *Análisis a flexión en vigas de concreto armado, compuestas de hormigón modificado con fibrillas recicladas de neumático, y su influencia en la cuantía de acero en un hormigón estructural de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.* Universidad Nacional de Chimborazo.

Sosa, F. (2019). *Efectos de la implementación del mercado de mediación online en el sector de la construcción en la ciudad de Riobamba* [Universidad Nacional de Chimborazo].

<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/677%0Ahttp://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1381/1/UNACH-EC-AGR-2016-0002.pdf>

Uwasu, M., Hara, K., & Yabar, H. (2014). World cement production and environmental implications. *Environmental Development*, 10(1), 36–47.

<https://doi.org/10.1016/j.envdev.2014.02.005>

Vilema, B., & Herrera, J. (2019). *Análisis del flujo metabólico de los materiales de construcción en la ciudad de Riobamba* [Universidad Nacional de Chimborazo].

<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/6680>

Villagómez, J., & López, O. (2019). *Caracterización de los residuos de construcción*

generados en la ciudad de Riobamba [Universidad Nacional de Chimborazo].

<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Zito, S., Irassar, E., & Rahhal, V. (2016). Estudio sobre pastas y morteros de Cemento Portland con reemplazo por Loza Sanitaria. *Avances En Ciencias e Ingeniería*, 7(2), 57–66.

Živica, V., Palou, M. T., & Križma, M. (2014). Geopolymer Cements and Their Properties: A Review. *Building Research Journal*, 61(2), 85–100. <https://doi.org/10.2478/brj-2014-0007>

8. ANEXOS

8.1. Anexo 1: Datos históricos del consumo de cemento en kilogramos por habitante.

Año	Población Habitantes	Consumo de Cemento Toneladas	Consumo per Cápita kg/habitante
2000	12299120	2750232	223.61
2001	12479924	3096678	248.13
2002	12842578	3255461	253.49
2003	12842578	3171681	246.97
2004	13026891	3478169	267
2005	13215089	3715500	281.16
2006	13408270	4447070	331.67
2007	13605485	4447070	326.86
2008	13805095	4991248	361.55
2009	14005095	5318935	379.79
2010	14483499	5287126	365.04
2011	14520973	5705731	392.93
2012	15520973	6025351	388.21
2013	15775749	6600317	418.38
2014	16027466	6471011	403.75
2015	16278844	5848418	359.26

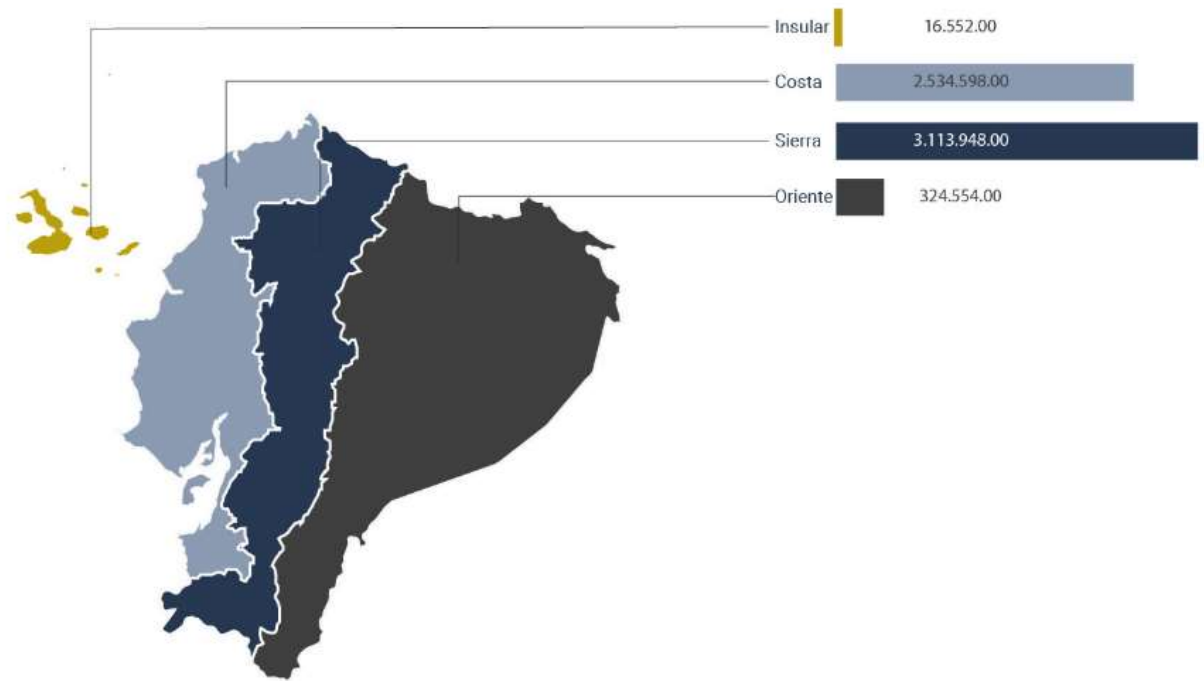
Fuente: (INECYC, 2017)

8.2.Anexo 2: Comercialización mensual y anual de cemento gris en toneladas métricas.

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
2006	348260	267712	331856	303996	343993	345066	350554	388884	363590	379919	367757	349423	4141009
2007	362378	313640	358637	318443	349176	348233	377755	404011	382037	436845	405120	390795	4447070
2008	382261	332025	357431	397984	387899	404872	461675	449658	454312	474090	433620	457121	4991248
2009	433498	377309	454029	454029	434096	443789	484561	444122	457155	472813	436111	463208	5354720
2010	398499	356564	452696	393811	404920	444975	452407	482974	472466	492080	455378	480356	5287126
2011	433558	415803	454205	412935	455818	476055	495125	531617	498844	522916	505344	503190	5704687
2012	451300	402054	496079	433777	487767	491993	523633	557315	519920	586426	561535	520556	6032356
2013	537391	447929	499743	545440	553278	523525	584767	579080	565779	611987	594814	556588	6600321
2014	556787	511795	497601	524903	526641	502055	565689	562641	574968	602748	532009	557786	6515624
2015	486503	436287	504682	486432	477111	488777	504435	498845	524126	536875	444586	459579	5848238
2016	377308	363479	399954	389643	418661	403001	434364	484511					3270920

Fuente: (INECYC, 2017)

8.3. Anexo 3: Comercialización anual de cemento gris por región en toneladas métricas.



Fuente: (INECYC, 2017)

8.4. Anexo 4: Comercialización del cemento en la provincia de Chimborazo.

Cemento Comercializado en Chimborazo			
Año	Tn	Saco 50 kg	m ³
2006	113606	2272120	90884.8
2007	123862	2477240	99089.6
2008	150921	3018420	120736.8
2009	279418	5588360	223534.4
2010	163343	3266860	130674.4
2011	176271	3525420	141016.8
2012	182389	3647780	145911.2

Fuente: (Vilema & Herrera, 2019)

8.5. Anexo 5: Material anual usado en edificaciones de la ciudad de Riobamba.

Material usado en las edificaciones de la ciudad de Riobamba (m³)

Año	Cemento	Ripio	Macadán	Agua	Piedra	Bloque T1	Ladrillo	Bloque T2
2013	16847.65	36206.02	42594.9	14600.88	8928.4	12582.34	20074.21	9598.57
2014	19572.6	42061.99	49484.21	16962.43	10372.48	14617.41	23321.02	11151.05
2015	18065.46	38823.13	45673.82	15656.29	9573.78	13491.84	21525.26	10292.39
2016	18913.66	40645.92	47818.25	16391.37	10023.27	14125.29	22535.89	10775.63
2017	22405.39	48149.74	56646.19	19417.45	11873.72	16733.03	26696.34	12764.97
2018	13354.91	28700.04	33764.42	11573.93	7077.42	9973.85	15912.57	7608.66

Fuente: (Vilema & Herrera, 2019)

8.6. Anexo 6: Ubicación geográfica de las Plantas de Cemento en el Ecuador.



Fuente: (INECYC, 2017)

8.7. Anexo 7: Importaciones de cemento y clínker en toneladas métricas.

Descripción de Partida BCE	Cemento	Cemento sin Pulverizar "Clínker" de Cemento Portland
2000	22560.80	0.00
2001	44603.62	3.48
2002	66385.57	169.01
2003	74496.18	19.51
2004	24542.13	8.38
2005	25638.77	14.38
2006	29271.57	117975.41
2007	26045.71	301475.58
2008	20255.48	316981.02
2009	20852.31	449956.37
2010	23337.07	92585.90
2011	32172.72	604951.14
2012	33189.31	657942.97
2013	36157.83	922270.64
2014	32545.94	890415.99
2015 *	21723.35	38700.00

Fuente: (INECYC, 2017)

8.8. Anexo 8: Procedencia de las importaciones de clínker en el período 2011-2015

Año	Países	Valor FOB (en miles de dólares)	Cantidades (en toneladas métricas)
2011	Corea del Sur	4673	69500
	Colombia	7822	113193
	Cuba	1856	26063
	México	25880	365266
	Perú	2217	30927
	Estados Unidos de América	2	2
2012	Corea del Sur	2026	52550
	Honduras	2274	30237
	México	36585	575155
	Estados Unidos de América	1	1
2013	Corea del Sur	5039	73000
	Colombia	2258	27244
	México	55178	789025
	Viet Nam	2319	33000
	Estados Unidos de América	8	2
2014	Corea del Sur	21147	307932
	México	45166	583332
	Estados Unidos de América	2	1
2015	Corea del Sur	2661	38700

Fuente: (Cisneros, 2017)

8.9. Anexo 9: Tablas de resumen de residuos de la construcción: reciclables, no reciclables, reutilizables y no reutilizables.

Resumen residuos de la construcción "reciclables" en kg

Escombrera	Vidrio	Madera	Agregado	Papel y Cartón	Ladrillo	Cerámica	Concreto	Escombros	Tuberías	Botellas Vidrio	Manguera Negra	Acero
Vía a Guano	0	145.8	761.6	24.5	16.3	0	0	693	0	27	0	0
Politécnica	0	0	110.7	0	0	0	0	0	3.6	35.8	0	0
Lican	0	80.9	220.5	0	0	0	0	895	0	0	0	60.4
Norte 1	0	0	825.45	0	0	0	0	545.6	0	0	0	0
Norte 2	0	0	680.9	30.9	30.6	0	0	780.3	0	0	5.9	0
Constuctura A	0	0	980.5	0	0	0	270.6	880.9	0	0	0	0
Veranillo 1	0	157.6	70.8	15.7	0	0	0	380.6	0	35.15	0	0
Veranillo 2	0	125.9	50.7	10.6	8.9	0	0	489.35	0	0	0	0

Fuente:(Villagómez & López, 2019)

Resumen residuos de la construcción "no reciclables" en kg

Escombrera	Vidrio	Madera	Agregado	Papel y Cartón	Ladrillo	Cerámica	Concreto	Escombros	Tuberías	Botellas Vidrio	Manguera Negra	Acero
Vía a Guano	19.5	247.5	0	0	827.75	142.1	0	0	0	0	0	0
Politécnica	25.55	195.5	0	35.8	450.5	90.85	155.8	0	7.8	0	8.9	0
Lican	8.5	175.8	0	40.8	250.4	0	125.4	0	12.5	0	6.3	0
Norte 1	3.5	75.7	0	18.5	745.6	0	898.45	0	18.9	0	10.6	43.5
Norte 2	2.8	15.5	0	0	280.5	70.45	688.9	280.5	10.9	0	7.5	0
Constuctura A	0	0	0	0	0	0	760.9	220.4	0	0	0	0
Veranillo 1	10.5	89.9	0	0	190.6	45.7	89.5	100.5	0	0	15.75	145.65
Veranillo 2	17.8	230.5	0	0	110.8	60.8	135.6	208.6	0	42.75	5.85	122.55

Fuente:(Villagómez & López, 2019)

Resumen residuos de la construcción "reutilizables" en kg

Escombrera	Vidrio	Madera	Agregado	Papel y Cartón	Ladrillo	Cerámica	Concreto	Escombros	Tuberías	Botellas Vidrio	Manguera Negra	Acero
Vía a Guano	0	48.3	501.1	8.55	8.8	0	0	447.5	0	10	0	0
Politécnica	0	0	80.55	0	0	0	0	0	2.4	20	0	0
Lican	0	65.1	139.8	0	0	0	0	539.3	0	0	0	37.9
Norte 1	0	0	569.55	0	0	0	0	254.75	0	0	0	0
Norte 2	0	0	525.1	19.35	18.05	0	0	574.5	0	0	3.45	0
Constuctura A	0	0	743.6	0	0	0	140.1	726.1	0	0	0	0
Veranillo 1	0	111.8	45.3	5.15	0	0	0	219.7	0	18.65	0	0
Veranillo 2	0	85.3	35.85	8.15	5.4	0	0	334.6	0	0	0	0

Fuente:(Villagómez & López, 2019)

Resumen residuos de la construcción "no reutilizables" en kg

Escombrera	Vidrio	Madera	Agregado	Papel y Cartón	Ladrillo	Cerámica	Concreto	Escombros	Tuberías	Botellas Vidrio	Manguera Negra	Acero
Vía a Guano	0	97.5	260.5	15.95	7.5	0	0	245.5	0	17	0	0
Politécnica	0	0	30.15	0	0	0	0	0	1.2	15.8	0	0
Lican	0	15.8	80.7	0	0	0	0	355.7	0	0	0	22.5
Norte 1	0	0	255.9	0	0	0	0	290.85	0	0	0	0
Norte 2	0	0	155.8	11.55	12.55	0	0	205.8	0	0	2.45	0
Constuctura A	0	0	236.9	0	0	0	130.5	154.8	0	0	0	0
Veranillo 1	0	45.8	25.5	10.55	0	0	0	160.9	0	16.5	0	0
Veranillo 2	0	40.6	14.85	2.45	3.5	0	0	154.75	0	0	0	0

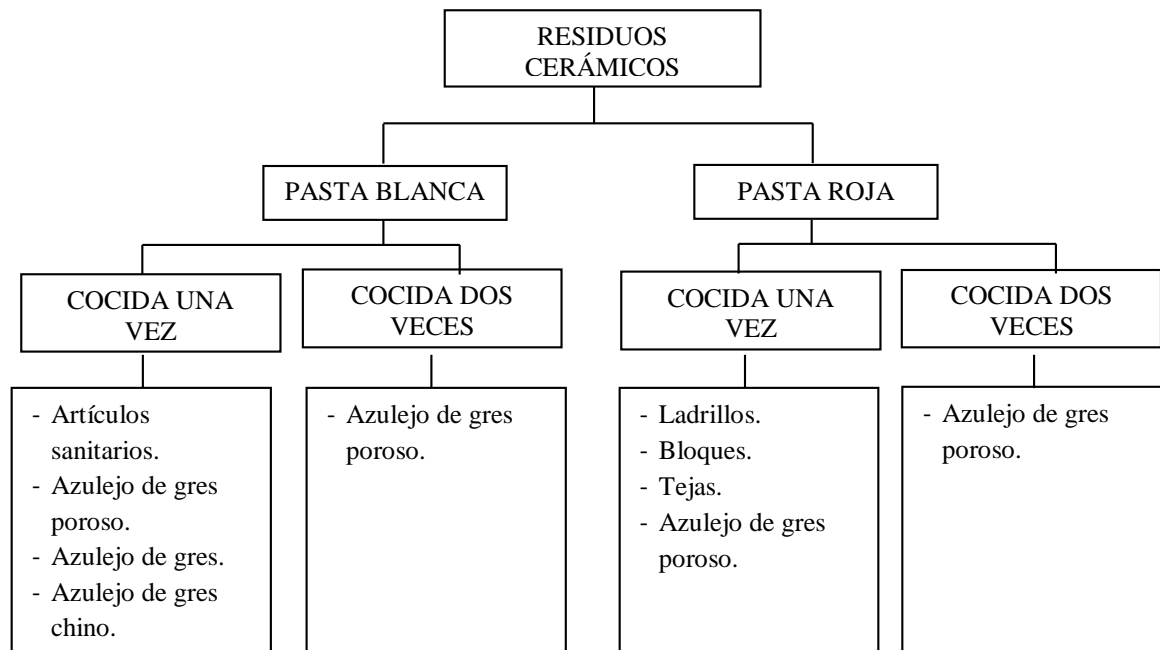
Fuente:(Villagómez & López, 2019)

8.10. Anexo 10. Composición química de pastas cerámicas.

Tipo	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂
Pasta roja de cerámica cocida dos veces	51.7	18.2	6.1	6.1	2.4	0.2	4.6	0.8
Pasta blanca de cerámica cocida una vez	58.0	18.0	1.0	8.3	0.6	0.2	1.2	0.8
Pasta blanca de cerámica cocida dos veces	59.8	18.6	1.7	5.5	3.5	1.6	2.5	0.4
Pasta roja para azulejos de gres	29.1	20.3	7.7	1.2	1.1	0.4	4.2	0.9
Pasta blanca para azulejos de gres	65.0	21.3	1.3	0.2	0.3	2.5	3.7	0.2
Pasta blanca para artículos sanitarios	65.8	22.2	0.6	0.1	0.1	1.0	3.5	0.3

Fuente: (F. Pacheco-Torgal & Jalali, 2010)

8.11. Anexo 11: Clasificación de los desechos cerámicos por tipo y proceso de producción.



Fuente: (F. Pacheco-Torgal & Jalali, 2010)

8.12. Anexo 12: Porcentajes de Compuestos químicos presentes en el clínker del Cemento.

% de Compuestos Químicos presentes en el clínker del Cemento				
Año	2014		2016	2017
Autores	Rivadeneira		Zito et al	Chicaiza y Guerra
Descripción del cemento	Cemento Chimborazo		Cemento Portland Normal	Cemento Holcim tipo GU
País de procedencia	Ecuador		Argentina	Ecuador
Ensayo	RX	Gravimetria	-	-
SiO ₂	22.64	23.29	21.52	30
Al ₂ O ₃	4.27	4.75	3.82	14
Fe ₂ O ₃	3.69	3.59	3.76	12
CaO	66.96	65.9	64.33	40
MgO	1.29	1.29	0.78	-
K ₂ O	0.13	0.13	1.06	-
Na ₂ O	0.01	0.01	0.07	-
SO ₃	0.55	0.55	-	-
TiO ₂	0.34	0.34	-	-
Perdida por incineración	0.12	0.12	2.11	-

Fuente: Vallejo G.

8.13. Anexo 13: Porcentajes de Compuestos químicos presentes en los residuos cerámicos

% de Compuestos Químicos presentes en los Residuos Cerámicos											
Año	2006			2010			2015	2016	2016	2018	2019
Autores	Puertas et al			Pacheco - Torgal y Jalali			Patel et al.	Kanaan et al.	Zito et al	Aswin et al.	Molina y Terán
Descripción del residuo cerámico	Residuo de baldosa para revestimiento con arcillas rojas	Residuo de baldosa para revestimiento con arcillas blancas	Residuo de baldosa para revestimiento con arcillas rojas y blancas	Pasta roja para azulejos de gres	Pasta blanca para azulejos de gres	Pasta blanca para artículos sanitarios	Residuos de baldosas para revestimiento	Residuos de baldosas cerámicas	Residuos de cerámicos sanitarios	Residuos de baldosas para revestimiento	Residuos de cerámicos sanitarios de la fábrica EDESA
País de procedencia	España			Portugal			India	Emiratos Árabes Unidos	Argentina	India	Ecuador
SiO ₂	61.5	67.3	62.2	29.1	65	65.8	55.24	67.51	70.78	65.8	68.5
Al ₂ O ₃	16.1	18	16.8	20.3	21.3	22.2	28.7	16.92	19.02	18.2	22.8
Fe ₂ O ₃	5.3	1.1	4.7	7.7	1.3	0.6	-	0.75	0.87	-	0.87
CaO	7.9	6.5	6.75	1.2	0.2	0.1	13.25	1.33	0.68	6.1	0.88
MgO	2.35	0.64	2.71	1.1	0.3	0.1	-	1.82	0.29	-	0.36
K ₂ O	3.7	2.12	3.95	4.2	3.7	3.5	-	1.31	4.61	2.01	1.86
Na ₂ O	0.77	1.72	0.81	0.4	2.5	1	-	4.8	2.67	0.7	3
SO ₃	0.07	0.05	0.05	-	-	-	-	-	-	0.09	-
TiO ₂	0.68	0.5	0.67	0.9	0.2	0.3	-	-	0.29	-	0.78
MnO	0.05	0.01	0.04	-	-	-	-	-	-	0.04	-
P ₂ O ₅	0.16	0.11	0.17	-	-	-	-	-	-	0.14	-
ZnO	0.33	0.69	0.36	-	-	-	-	-	-	-	-
ZrO ₂	0.42	0.45	0.32	-	-	-	-	-	-	-	-
Pérdida por incineración	0.33	0.29	0.29	-	-	-	-	2.54	0.55	-	0.44




Fuente: Vallejo G.

8.14. Anexo 14: Tabla resumen de valores de propiedades de materiales para dosificación.

Material	Descripción	Propiedad	UNACH Laboratorio	Ficha Técnica Cemento Chimborazo	2010 Pucha y Llanga	2011 Romero y Chuquimarca	2015 Rodriguez y Villalba	2016 Martinez	2016 Salazar	Valores a trabajar
Agregado Fino	Macadam,	DSSS (g/cm ³)	2.59		2.63	2.61	2.36			2.36
	Mina Cerro	% Absorción	3.3		2.24	2.21	6.38			6.38
	Negro	MUS (g/cm ³)	1.6		1.26	1.26	1.66			1.66
Agregado Grueso	Ripio, Mina	DSSS (g/cm ³)	2.74		2.61		2.61			2.61
	Cerro	% Absorción	1.6		2.05		2.08			2.08
	Negro	MUS (g/cm ³)	1.44		1.55		1.6			1.60
Cemento	Chimborazo	ρ (g/cm ³)		2.92	3	3.04	2.98	2.9	2.8	2.98
	Puzolánico tipo IP	MUS (g/cm ³)	1.06		0.96	0.98			1.14	0.96

Fuente: Vallejo G.

8.15. Anexo 15: Determinación del Porcentaje de Humedad del Árido Fino y Grueso


		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL		
Tesis:	“DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”			
DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD 24 HORAS ANTES DE ELABORACIÓN DE LA MEZCLA				
Procedencia del material:	Cantera	Hnos. Castro Cerro Negro	Fecha de realización:	18/03/2021
	Material	Polvo de piedra	Norma:	NTE INEN 857
	Ubicación	San Martín de Veranillo kilómetro 3.5	Elaborado por:	Génesis Vallejo
			Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Código	Descripción		Valor	Unidad
A1	Masa recipiente 1		7.41	g
A2	Masa recipiente 2		7.5	g
B1	Masa recipiente 1 + agregado en estado natural		93.89	g
B2	Masa recipiente 2 + agregado en estado natural		129.46	g
C1	Masa recipiente 1 + agregado en estado seco		90.73	g
C2	Masa recipiente 2 + agregado en estado seco		125.11	g
D1 = B1 - A1	Masa agregado en estado natural recipiente 1		86.48	g
D2 = B2 - A2	Masa agregado en estado natural recipiente 2		121.96	g
E1 = C1 - A1	Masa agregado en estado seco recipiente 1		83.32	g
E2 = C2 - A2	Masa agregado en estado seco recipiente 2		117.61	g
F1 = ((D1 - E1)/E1)*100	Contenido de humedad recipiente 1		3.79	%
F2 = ((D2 - E2)/E2)*100	Contenido de humedad recipiente 2		3.70	%
G = (F1 + F2)/2	PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL ÁRIDO FINO		3.75	%

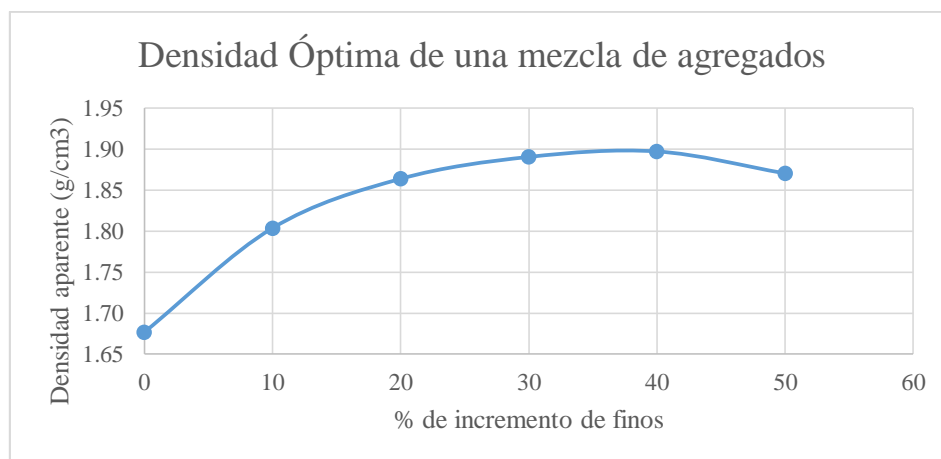
Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD 24 HORAS ANTES DE ELABORACIÓN DE LA MEZCLA

Procedencia del material:	Cantera	Hnos. Castro Cerro Negro	Fecha de realización:	18/03/2021
	Material	Ripio triturado	Norma:	NTE INEN 857
	Ubicación	San Martín de Veranillo kilómetro 3.5	Elaborado por:	Génesis Vallejo
			Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Código	Descripción	Valor	Unidad	
A1	Masa recipiente 1	7.94	g	
A2	Masa recipiente 2	7.16	g	
B1	Masa recipiente 1 + agregado en estado natural	103.47	g	
B2	Masa recipiente 2 + agregado en estado natural	131.61	g	
C1	Masa recipiente 1 + agregado en estado seco	102.5	g	
C2	Masa recipiente 2 + agregado en estado seco	129.98	g	
D1 = B1 - A1	Masa agregado en estado natural recipiente 1	95.53	g	
D2 = B2 - A2	Masa agregado en estado natural recipiente 2	124.45	g	
E1 = C1 - A1	Masa agregado en estado seco recipiente 1	94.56	g	
E2 = C2 - A2	Masa agregado en estado seco recipiente 2	122.82	g	
$F1 = ((D1 - E1)/E1)*100$	Contenido de humedad recipiente 1	1.03	%	
$F2 = ((D2 - E2)/E2)*100$	Contenido de humedad recipiente 2	1.33	%	
$G = (F1 + F2)/2$	PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL ÁRIDO GRUESO	1.18	%	

8.16. Anexo 16: Determinación de la densidad óptima de una mezcla de agregados.

Unach		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA		ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL				
Tesis:		“DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”						
DETERMINACIÓN DE DENSIDAD ÓPTIMA DE UNA MEZCLA DE AGREGADOS								
Procedencia de los materiales:	Cantera:	Hnos. Castro Cerro Negro		Fecha de realización:	08/03/2021			
	Material:	Ripio triturado y polvo de piedra		Norma:	NTE INEN 858			
	Ubicación:	San Martín de Veranillo kilómetro 3.5		Elaborado por: Director de Proyecto:	Génesis Vallejo Ing. Carlos Saldaña			
Descripción		Valor		Unidad				
Masa del recipiente		7100		g				
Temperatura del Agua		17.3		°C				
Masa del recipiente + placa de vidrio		9150		g				
Masa del recipiente + placa de vidrio + agua		24100		g				
Densidad del agua		0.999		g/cm ³				
Volumen del Recipiente		14967.894		cm ³				
Mezcla (%)		Masa (kg)		A. Fino a añadir (kg)	Masa mezcla + recipiente (kg)	M mezcla (kg)	M mezcla (g)	Densidad Aparente (g/cm ³)
A. Grueso	A. Fino	A. Grueso	A. Fino					
100	0	35	0.00	0.00	32.2	25.1	25100	1.68
90	10	35	3.89	3.89	34.1	27	27000	1.80
80	20	35	8.75	4.86	35	27.9	27900	1.86
70	30	35	15.00	6.25	35.4	28.3	28300	1.89
60	40	35	23.33	8.33	35.5	28.4	28400	1.90
50	50	35	35.00	11.67	35.1	28	28000	1.87
Densidad Máxima					1.90	g/cm ³		
Densidad Óptima					1.89	g/cm ³		







8.17. Anexo 17: Datos iniciales para dosificación.

Agregados	Descripción	D _{ss} (g/cm ³)	ρ _{pape Mezcla} (g/cm ³)	% Absorción	% Humedad	MUS (g/cm ³)
A. Grueso	Ripio Triturado Cerro Negro	2.61	-	2.08	1.18	1.60
A. Fino	Polvo de Piedra Cerro Negro	2.36	-	6.38	3.75	1.66
Mezcla		-	1.89	-	-	-
% Mezcla		36	Fino	64		Grueso

MUS Cemento = 0.96 g/cm³
 Chimborazo
 ρ Cemento = 2.98 g/cm³
 ρ Hormigón = 2.40 g/cm³
 Colorimetría = Amarillo Claro
 Asentamiento = 6 cm

Fuente: (Vallejo, 2021)

8.18. Anexo 18: Ensayos a compresión de cilindros de hormigón.


 		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA			
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL					
Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”					
ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN					
Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	19/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	22/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	3
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	1.1
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	100 % Cemento	0 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imagen	
Diámetro (mm)	103.03	101.69	102.05		
Altura (mm)	100.70	102.79	201.50		
Masa (g)	3776.7				
Carga (kN)	95.1				
Sección (mm ²)	8179.70				
Densidad (g/cm ³)	2.29			Porcentaje de resistencia encontrado:	55.36 %
Resistencia Calculada (MPa)	11.63			Porcentaje teórico de resistencia esperado:	45 - 55 %

Tesis: "DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO"

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo	Fecha de Muestreo:	19/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro	Fecha de Ensayo:	22/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro	Edad (días):	3
	Agua:	Red A.P. Riobamba	Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA	Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña


Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	1.2
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	100 % Cemento	0 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3

			Promedio	Imagen
Diámetro (mm)	102.32	101.48	102.04	
	102.36	101.99		
Altura (mm)	203.00	204.00	203.50	
Masa (g)	3816.17			
Carga (kN)	79.45			
Sección (mm ²)	8177.29			

Densidad (g/cm ³)	2.29	Porcentaje de resistencia encontrado:	46.27 %
Resistencia Calculada (MPa)	9.72	Porcentaje teórico de resistencia esperado:	45 - 55 %


Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN
SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL
CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	19/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	22/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	3
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	2.1
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	100 % Cemento	0 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	2
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	102.02	101.30	101.78		
	101.61	102.18			
Altura (mm)	206.00	206.00	206.00		
Masa (g)	3823.32				
Carga (kN)	72.36				
Sección (mm ²)	8135.67				
Densidad (g/cm ³)	2.28			Porcentaje de resistencia encontrado:	42.35 %
Resistencia Calculada (MPa)	8.89			Porcentaje teórico de resistencia esperado:	45 - 55 %


Tesis: "DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO"

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	19/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	22/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	3
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	2.2
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	100 % Cemento	0 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	4
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	101.46	101.83	102.14		
	102.50	102.75			
Altura (mm)	205.00	206.00	205.50		
Masa (g)	3784.86				
Carga (kN)	73.15				
Sección (mm ²)	8192.93				
Densidad (g/cm ³)	2.25			Porcentaje de resistencia encontrado:	42.52 %
Resistencia Calculada (MPa)	8.93			Porcentaje teórico de resistencia esperado:	45 - 55 %


Tesis: "DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO"

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	19/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	22/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	3
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	2.3
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	100 % Cemento	0 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	2
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	102.39	103.16	102.57		
	102.38	102.33			
Altura (mm)	205.00	206.00	205.50		
Masa (g)	3801.91				
Carga (kN)	80.65				
Sección (mm ²)	8262.06				
Densidad (g/cm ³)	2.24			Porcentaje de resistencia encontrado:	46.48 %
Resistencia Calculada (MPa)	9.76			Porcentaje teórico de resistencia esperado:	45 - 55 %


Tesis: "DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN
SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL
CEMENTOSO SUPLEMENTARIO"

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	19/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	22/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	3
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	3.1
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	93 % Cemento	7 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	101.96	102.76	101.91		
Altura (mm)	101.68	101.23			
Masa (g)	206.00	204.00	205.00		
Carga (kN)	3782.43				
Sección (mm ²)	60.15				
	8156.47				
Densidad (g/cm ³)		2.26		Porcentaje de resistencia encontrado:	35.12 %
Resistencia Calculada (MPa)		7.37		Porcentaje teórico de resistencia esperado:	45 - 55 %


Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN
SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL
CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	19/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	22/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	3
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	3.2
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	93 % Cemento	7 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	101.20	101.62	101.90		
	101.93	102.84			
Altura (mm)	207.00	205.00	206.00		
Masa (g)	3782.4				
Carga (kN)	62.35				
Sección (mm ²)	8154.87				
Densidad (g/cm ³)	2.25			Porcentaje de resistencia encontrado:	36.41 %
Resistencia Calculada (MPa)	7.65			Porcentaje teórico de resistencia esperado:	45 - 55 %


Tesis: "DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN
SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL
CEMENTOSO SUPLEMENTARIO"

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	19/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	22/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	3
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	3.3
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	93 % Cemento	7 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	2
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	101.87	102.80	102.11		
	102.05	101.72			
Altura (mm)	206.00	205.00	205.50		
Masa (g)	3767.36				
Carga (kN)	63.3				
Sección (mm ²)	8188.92				
Densidad (g/cm ³)	2.24			Porcentaje de resistencia encontrado:	36.81 %
Resistencia Calculada (MPa)	7.73			Porcentaje teórico de resistencia esperado:	45 - 55 %


Tesis: "DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN
SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL
CEMENTOSO SUPLEMENTARIO"

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	19/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	22/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	3
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	4.1
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	93 % Cemento	7 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	102.05	102.65	102.34		
	101.96	102.70			
Altura (mm)	206.00	206.00	206.00		
Masa (g)	3796.41				
Carga (kN)	62.3				
Sección (mm ²)	8225.85				
Densidad (g/cm ³)	2.24			Porcentaje de resistencia encontrado:	36.07 %
Resistencia Calculada (MPa)	7.57			Porcentaje teórico de resistencia esperado:	45 - 55 %


Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN
SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL
CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	19/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	22/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	3
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	4.2
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	93 % Cemento	7 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	2
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	101.75	102.43	102.48		
	102.90	102.83			
Altura (mm)	205.00	204.00	204.50		
Masa (g)	3795.58				
Carga (kN)	57.65				
Sección (mm ²)	8247.97				
Densidad (g/cm ³)	2.25			Porcentaje de resistencia encontrado:	33.28 %
Resistencia Calculada (MPa)	6.99			Porcentaje teórico de resistencia esperado:	45 - 55 %


Tesis: "DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN
 SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL
 CEMENTOSO SUPLEMENTARIO"

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	24/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	3
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	5.1
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	90 % Cemento	10 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	102.21	101.38	102.21		
	102.25	102.99			
Altura (mm)	202.00	201.00	201.50		
Masa (g)	3717.3				
Carga (kN)	65.95				
Sección (mm ²)	8204.56				
Densidad (g/cm ³)	2.25			Porcentaje de resistencia encontrado:	38.28 %
Resistencia Calculada (MPa)	8.04			Porcentaje teórico de resistencia esperado:	45 - 55 %


Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN
SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL
CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	24/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	3
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	5.2
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	90 % Cemento	10 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	101.77	101.50	101.85		
	101.75	102.39			
Altura (mm)	204.00	205.00	204.50		
Masa (g)	3733.8				
Carga (kN)	60				
Sección (mm ²)	8147.67				
Densidad (g/cm ³)		2.24		Porcentaje de resistencia encontrado:	35.07 %
Resistencia Calculada (MPa)		7.36		Porcentaje teórico de resistencia esperado:	45 - 55 %


Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	24/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	3
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	6.1
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	90 % Cemento	10 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	2
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	100.25	100.47	101.02		
	101.42	101.92			
Altura (mm)	204.00	204.00	204.00		
Masa (g)	3725.32				
Carga (kN)	56.9				
Sección (mm ²)	8014.23				
Densidad (g/cm ³)	2.28			Porcentaje de resistencia encontrado:	33.81 %
Resistencia Calculada (MPa)	7.10			Porcentaje teórico de resistencia esperado:	45 - 55 %


Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	24/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	3
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	6.2
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	90 % Cemento	10 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	4
			Promedio	Imagen	
Diámetro (mm)	102.38	102.74	102.09		
Altura (mm)	101.19	102.03			
Masa (g)	203.00	204.00	203.50		
Carga (kN)	3748.6				
Sección (mm ²)	56.6				
Densidad (g/cm ³)	8184.91	2.25		Porcentaje de resistencia encontrado:	32.93 %
Resistencia Calculada (MPa)		6.92		Porcentaje teórico de resistencia esperado:	45 - 55 %


Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	24/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	3
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	6.3
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	90 % Cemento	10 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	2
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	101.61	101.49	101.85		
	102.23	102.06			
Altura (mm)	205.00	204.00	204.50		
Masa (g)	3780.48				
Carga (kN)	46.9				
Sección (mm ²)	8146.87				
Densidad (g/cm ³)	2.27			Porcentaje de resistencia encontrado:	27.41 %
Resistencia Calculada (MPa)	5.76			Porcentaje teórico de resistencia esperado:	45 - 55 %


Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	24/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	3
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	7.1
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	87 % Cemento	13 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	102.16	102.64	102.06		
Altura (mm)	101.84	101.59	204.50		
Masa (g)	204.00	205.00	204.50		
Carga (kN)	3785.94				
Sección (mm ²)	61.75				
	8180.50				
Densidad (g/cm ³)	2.26			Porcentaje de resistencia encontrado:	35.94 %
Resistencia Calculada (MPa)	7.55			Porcentaje teórico de resistencia esperado:	45 - 55 %


Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	24/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	3
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	7.2
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	87 % Cemento	13 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	101.80	102.68	102.27		
	102.50	102.08			
Altura (mm)	205.00	205.00	205.00		
Masa (g)	3814.54				
Carga (kN)	61.5				
Sección (mm ²)	8213.80				
Densidad (g/cm ³)	2.27			Porcentaje de resistencia encontrado:	35.65 %
Resistencia Calculada (MPa)	7.49			Porcentaje teórico de resistencia esperado:	45 - 55 %


Tesis: "DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO"

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	24/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	3
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	7.3
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	87 % Cemento	13 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	2
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	102.23	102.54	101.92		
	101.85	101.07			
Altura (mm)	204.00	203.00	203.50		
Masa (g)	3759.47				
Carga (kN)	53.7				
Sección (mm ²)	8158.87				
Densidad (g/cm ³)	2.26			Porcentaje de resistencia encontrado:	31.34 %
Resistencia Calculada (MPa)	6.58			Porcentaje teórico de resistencia esperado:	45 - 55 %


Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	24/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	3
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	8.1
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	87 % Cemento	13 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	102.37	102.54	102.56		
	102.59	102.75			
Altura (mm)	204.00	205.00	204.50		
Masa (g)	3816.07				
Carga (kN)	54.05				
Sección (mm ²)	8261.66				
Densidad (g/cm ³)	2.26			Porcentaje de resistencia encontrado:	31.15 %
Resistencia Calculada (MPa)	6.54			Porcentaje teórico de resistencia esperado:	45 - 55 %


Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	24/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	3
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	8.2
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	87 % Cemento	13 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	2
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	101.66	101.16	101.75		
Altura (mm)	101.91	102.25	205.00		
Masa (g)	205.00	205.00	205.00		
Carga (kN)	3763.54				
Sección (mm ²)	50.45				
	8130.48				
Densidad (g/cm ³)		2.26		Porcentaje de resistencia encontrado:	29.55 %
Resistencia Calculada (MPa)		6.21		Porcentaje teórico de resistencia esperado:	45 - 55 %


Tesis: "DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO"

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	19/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	26/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	7
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	1.4
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	100 % Cemento	0 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	101.88	101.98	101.94		
	101.73	102.18			
Altura (mm)	204.00	204.00	204.00		
Masa (g)	3824.36				
Carga (kN)	120.95				
Sección (mm ²)	8162.07				
Densidad (g/cm ³)		2.30		Porcentaje de resistencia encontrado:	70.56 %
Resistencia Calculada (MPa)		14.82		Porcentaje teórico de resistencia esperado:	65 - 75 %



Tesis: "DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN
 SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL
 CEMENTOSO SUPLEMENTARIO"

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	19/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	26/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	7
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	1.5
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	100 % Cemento	0 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	102.18	103.21	102.38		
	102.17	101.95			
Altura (mm)	203.00	203.00	203.00		
Masa (g)	3819.89				
Carga (kN)	130.15				
Sección (mm ²)	8231.88				
Densidad (g/cm ³)	2.29			Porcentaje de resistencia encontrado:	75.29 %
Resistencia Calculada (MPa)	15.81			Porcentaje teórico de resistencia esperado:	65 - 75 %


Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN
SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL
CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	19/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	26/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	7
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	2.4
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	100 % Cemento	0 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	101.75	101.60	102.00	 	
	101.79	102.85			
Altura (mm)	202.00	203.00	202.50		
Masa (g)	3754.48				
Carga (kN)	111.05				
Sección (mm ²)	8170.88				
Densidad (g/cm ³)	2.27			Porcentaje de resistencia encontrado:	64.72 %
Resistencia Calculada (MPa)	13.59			Porcentaje teórico de resistencia esperado:	65 - 75 %


Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	19/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	26/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	7
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	2.5
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	100 % Cemento	0 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imagen	
Diámetro (mm)	101.92	102.70	102.30		
	102.27	102.3			
Altura (mm)	205.00	204.00	204.50		
Masa (g)	3778.01				
Carga (kN)	114.34				
Sección (mm ²)	8219.02				
Densidad (g/cm ³)	2.25			Porcentaje de resistencia encontrado:	66.25 %
Resistencia Calculada (MPa)	13.91			Porcentaje teórico de resistencia esperado:	65 - 75 %


Tesis: "DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO"

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	19/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	26/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	7
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	3.4
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	93 % Cemento	7 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	101.75	102.72	102.36		
Altura (mm)	102.80	102.17	102.50		
Masa (g)	204.00	205.00	204.50		
Carga (kN)	3813.53				
Sección (mm ²)	91.9				
	8229.06				
Densidad (g/cm ³)		2.27		Porcentaje de resistencia encontrado:	53.18 %
Resistencia Calculada (MPa)		11.17		Porcentaje teórico de resistencia esperado:	65 - 75 %


Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	19/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	26/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	7
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	3.2
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	93 % Cemento	7 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	102.31	101.02	101.49		
Altura (mm)	101.57	101.06			
Masa (g)	204.00	205.00	204.50		
Carga (kN)	3790.29				
Sección (mm ²)	92.80				
	8089.77				
Densidad (g/cm ³)		2.29		Porcentaje de resistencia encontrado:	54.63 %
Resistencia Calculada (MPa)		11.47		Porcentaje teórico de resistencia esperado:	65 - 75 %


Tesis: "DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO"

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	19/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	26/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	7
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	4.3
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	93 % Cemento	7 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	102.21	101.84	102.08		
Altura (mm)	102.24	102.02	203.50		
Masa (g)	203.00	204.00	203.50		
Carga (kN)	3810.17	78.6			
Sección (mm ²)	8183.70				
Densidad (g/cm ³)		2.29		Porcentaje de resistencia encontrado:	45.74 %
Resistencia Calculada (MPa)		9.60		Porcentaje teórico de resistencia esperado:	65 - 75 %


Tesis: "DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO"

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	19/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	26/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	7
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	4.4
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	93 % Cemento	7 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	102.1	101.79	102.18		
Altura (mm)	102.41	102.41	203.00		
Masa (g)	203.00	203.00	203.00		
Carga (kN)	3775.51				
Sección (mm ²)	85.45				
Densidad (g/cm ³)		2.27		Porcentaje de resistencia encontrado:	49.62 %
Resistencia Calculada (MPa)		10.42		Porcentaje teórico de resistencia esperado:	65 - 75 %


Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	19/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	26/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	7
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	4.5
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	93 % Cemento	7 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	102.24	102.76	102.47		
Altura (mm)	102.65	102.24			
Masa (g)	203.00	204.00	203.50		
Carga (kN)	3822.64				
Sección (mm ²)	77.55				
	8247.16				
Densidad (g/cm ³)		2.28		Porcentaje de resistencia encontrado:	44.78 %
Resistencia Calculada (MPa)		9.40		Porcentaje teórico de resistencia esperado:	65 - 75 %


Tesis: "DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO"

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	28/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	7
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación n:	5.3
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	90 % Cemento	10 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	101.63	102.64	101.85		
Altura (mm)	101.63	101.49	205.00		
Masa (g)	3775.06				
Carga (kN)	91.70				
Sección (mm ²)	8146.87				
Densidad (g/cm ³)	2.26			Porcentaje de resistencia encontrado:	53.60 %
Resistencia Calculada (MPa)	11.26			Porcentaje teórico de resistencia esperado:	65 - 75 %


Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	28/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	7
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	5.4
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	90 % Cemento	10 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	101.68	102.79	102.08		
	102.16	101.70			
Altura (mm)	205.00	205.00	205.00		
Masa (g)	3799.14				
Carga (kN)	79.40				
Sección (mm ²)	8184.51				
Densidad (g/cm ³)	2.26			Porcentaje de resistencia encontrado:	46.20 %
Resistencia Calculada (MPa)	9.70			Porcentaje teórico de resistencia esperado:	65 - 75 %


Tesis: "DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO"

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	28/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	7
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación n:	5.5
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	90 % Cemento	10 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	101.72	102.22	101.79		
Altura (mm)	101.80	101.40	204.00		
Masa (g)	204.00	204.00	204.00		
Carga (kN)	3761.57	84.30			
Sección (mm ²)	8136.87				
Densidad (g/cm ³)		2.27		Porcentaje de resistencia encontrado:	49.33 %
Resistencia Calculada (MPa)		10.36		Porcentaje teórico de resistencia esperado:	65 - 75 %


Tesis: "DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO"

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	28/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	7
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación n:	6.4
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	90 % Cemento	10 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	102.51	102.85	102.56		
Altura (mm)	102.27	102.60	204.00		
Masa (g)	204.00	204.00	204.00		
Carga (kN)	3837.81				
Sección (mm ²)	87.90				
	8260.85				
Densidad (g/cm ³)		2.28		Porcentaje de resistencia encontrado:	50.67 %
Resistencia Calculada (MPa)		10.64		Porcentaje teórico de resistencia esperado:	65 - 75 %


Tesis: "DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO"

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	28/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	7
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	6.5
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	90 % Cemento	10 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	102.09	101.77	102.05		
Altura (mm)	101.72	102.60	204.50		
Masa (g)	204.00	205.00	204.50		
Carga (kN)	3805.70				
Sección (mm ²)	87.70				
	8178.49				
Densidad (g/cm ³)		2.28		Porcentaje de resistencia encontrado:	51.06 %
Resistencia Calculada (MPa)		10.72		Porcentaje teórico de resistencia esperado:	65 - 75 %


Tesis: "DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO"

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	28/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	7
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	7.4
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	87 % Cemento	13 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	101.39	102.42	102.17		
	102.10	102.76			
Altura (mm)	204.00	205.00	204.50		
Masa (g)	3824.48				
Carga (kN)	85.00				
Sección (mm ²)	8198.14				
Densidad (g/cm ³)	2.28			Porcentaje de resistencia encontrado:	49.37 %
Resistencia Calculada (MPa)	10.37			Porcentaje teórico de resistencia esperado:	65 - 75 %


Tesis: "DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN
 SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL
 CEMENTOSO SUPLEMENTARIO"

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	28/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	7
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación n:	7.5
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	87 % Cemento	13 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	102.39	102.28	102.43		
Altura (mm)	102.75	102.31	102.43		
Masa (g)	204.00	205.00	204.50		
Carga (kN)	3815.97				
Sección (mm ²)	77.70				
	8240.73				
Densidad (g/cm ³)		2.26		Porcentaje de resistencia encontrado:	44.90 %
Resistencia Calculada (MPa)		9.43		Porcentaje teórico de resistencia esperado:	65 - 75 %


Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	28/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	7
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	8.3
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	87 % Cemento	13 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	101.78	102.02	101.99		
Altura (mm)	101.71	102.43	101.99		
Masa (g)	204.00	205.00	204.50		
Carga (kN)	3801.79				
Sección (mm ²)	77.25				
	8168.88				
Densidad (g/cm ³)		2.28		Porcentaje de resistencia encontrado:	45.03 %
Resistencia Calculada (MPa)		9.46		Porcentaje teórico de resistencia esperado:	65 - 75 %


Tesis: "DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO"

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	28/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	7
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	8.4
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	87 % Cemento	13 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	101.64	101.77	101.99		
Altura (mm)	102.32	102.22	204.00		
Masa (g)	3790.46				
Carga (kN)	77.70				
Sección (mm ²)	8169.28				
Densidad (g/cm ³)	2.27			Porcentaje de resistencia encontrado:	45.29 %
Resistencia Calculada (MPa)	9.51			Porcentaje teórico de resistencia esperado:	65 - 75 %


Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	28/03/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	7
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	8.5
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	87 % Cemento	13 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	102.41	101.65	101.96		
	101.58	102.20			
Altura (mm)	205.00	205.00	205.00		
Masa (g)	3830.43				
Carga (kN)	80.95				
Sección (mm ²)	8164.87				
Densidad (g/cm ³)		2.29		Porcentaje de resistencia encontrado:	47.21 %
Resistencia Calculada (MPa)		9.91		Porcentaje teórico de resistencia esperado:	65 - 75 %


Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	19/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	05/04/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	17
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	1.7
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	100 % Cemento	0 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	102.55	102.98	102.73		
Altura (mm)	102.59	102.81	204.00		
Masa (g)	204.00	204.00	204.00		
Carga (kN)	3860				
Sección (mm ²)	154.9				
Densidad (g/cm ³)	8289.07				
Resistencia Calculada (MPa)	2.28			Porcentaje de resistencia encontrado:	88.99 %
	18.69				


Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	19/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	05/04/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	17
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	2.6
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	100 % Cemento	0 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	5
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	101.54	102.00	101.89		
Altura (mm)	102.18	101.85	203.50		
Masa (g)	204.00	203.00	203.50		
Carga (kN)	3790				
Sección (mm ²)	137.8				
Densidad (g/cm ³)	8154.07				
Resistencia Calculada (MPa)		2.28		Porcentaje de resistencia encontrado:	80.47 %
		16.90			


Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	19/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	05/04/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	17
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	2.7
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	100 % Cemento	0 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	5
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	101.42	101.35	101.76		
Altura (mm)	101.94	102.32			
	204.00	204.00	204.00		
Masa (g)	3775				
Carga (kN)	137.6				
Sección (mm ²)	8132.48				
Densidad (g/cm ³)	2.28			Porcentaje de resistencia encontrado:	80.57 %
Resistencia Calculada (MPa)	16.92				


Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	19/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	05/04/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	17
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	2.8
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	100 % Cemento	0 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	5
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	102.39	102.40	102.10		
Altura (mm)	101.91	101.68	101.68		
Masa (g)	204.00	205.00	204.50		
Carga (kN)	3810				
Sección (mm ²)	125.6				
Densidad (g/cm ³)	8186.51				
Resistencia Calculada (MPa)		2.28		Porcentaje de resistencia encontrado:	73.06 %
		15.34			


Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	19/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	05/04/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	17
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	3.6
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	93 % Cemento	7 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	102.33	102.57	102.35		
	101.84	102.64			
Altura (mm)	205.00	205.00	205.00		
Masa (g)	3815				
Carga (kN)	118.2				
Sección (mm ²)	8226.65				
Densidad (g/cm ³)		2.26		Porcentaje de resistencia encontrado:	68.42 %
Resistencia Calculada (MPa)		14.37			


Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	19/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	05/04/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	17
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	3.7
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	93 % Cemento	7 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	5
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	102.57	102.01	101.98		
Altura (mm)	101.19	102.13	204.50		
Masa (g)	205.00	204.00	204.50		
Carga (kN)	3810				
Sección (mm ²)	119.1				
Densidad (g/cm ³)	8167.28	2.28		Porcentaje de resistencia encontrado:	69.44 %
Resistencia Calculada (MPa)		14.58			


Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	19/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	05/04/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	17
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	3.8
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	93 % Cemento	7 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	102.59	102.37	102.45		
	102.58	102.27			
Altura (mm)	203.00	204.00	203.50		
Masa (g)	3810				
Carga (kN)	119.9				
Sección (mm ²)	8243.94				
Densidad (g/cm ³)	2.27			Porcentaje de resistencia encontrado:	69.26 %
Resistencia Calculada (MPa)	14.54				


Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	19/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	05/04/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	17
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	4.6
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	93 % Cemento	7 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	102.60	102.90	102.31		
	102.34	101.40			
Altura (mm)	204.00	203.00	203.50		
Masa (g)	3820				
Carga (kN)	106.8				
Sección (mm ²)	8221.03				
Densidad (g/cm ³)	2.28			Porcentaje de resistencia encontrado:	61.86 %
Resistencia Calculada (MPa)	12.99				


Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	19/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	05/04/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	17
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	4.7
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	93 % Cemento	7 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	5
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	102.45	101.71	101.86		
Altura (mm)	101.55	101.72	204.50		
Masa (g)	205.00	204.00	204.50		
Carga (kN)	3785				
Sección (mm ²)	103.1				
Densidad (g/cm ³)	8148.47	2.27		Porcentaje de resistencia encontrado:	60.25 %
Resistencia Calculada (MPa)	12.65				


Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	05/04/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	15
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	5.6
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	90 % Cemento	10 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	101.83	102.17	101.99		
Altura (mm)	102.32	101.64	101.64		
Masa (g)	204.00	204.00	204.00		
Carga (kN)	3770				
Sección (mm ²)	109				
Densidad (g/cm ³)	8169.68				
Resistencia Calculada (MPa)		2.26		Porcentaje de resistencia encontrado:	63.53 %
		13.34			


Tesis: "DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO"

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	05/04/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	15
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	5.7
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	90 % Cemento	10 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	5
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	102.28	102.23	101.98		
Altura (mm)	101.78	101.62	204.50		
Masa (g)	204.00	205.00	204.50		
Carga (kN)	3800				
Sección (mm ²)	100.8				
Densidad (g/cm ³)	8167.68				
Resistencia Calculada (MPa)		2.28		Porcentaje de resistencia encontrado:	58.77 %
		12.34			


Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	05/04/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	15
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	6.6
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	90 % Cemento	10 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	5
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	102.16	102.14	102.17		
Altura (mm)	102.17	102.20	203.50		
Masa (g)	203.00	204.00			
Carga (kN)	3810				
Sección (mm ²)	109.9				
Densidad (g/cm ³)	8198.14				
Resistencia Calculada (MPa)		2.28		Porcentaje de resistencia encontrado:	63.84 %
		13.41			


Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	05/04/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	15
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	6.7
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	90 % Cemento	10 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	5
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	101.42	102.48	101.76		
Altura (mm)	101.29	101.83	203.50		
Masa (g)	203.00	204.00	203.50		
Carga (kN)	3800				
Sección (mm ²)	102.4				
Densidad (g/cm ³)	8132.08				
Resistencia Calculada (MPa)	2.30			Porcentaje de resistencia encontrado:	59.96 %
	12.59				


Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	05/04/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	15
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	6.8
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	90 % Cemento	10 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	102.10	102.08	102.03		
Altura (mm)	101.93	101.99	204.50		
Masa (g)	204.00	205.00	204.50		
Carga (kN)	3820				
Sección (mm ²)	110.9				
Densidad (g/cm ³)	8175.29				
Resistencia Calculada (MPa)		2.28		Porcentaje de resistencia encontrado:	64.60 %
		13.57			


Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	05/04/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	15
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	7.7
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	87 % Cemento	13 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	5
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	100.62	100.41	100.66		
Altura (mm)	100.71	100.89	204.50		
Masa (g)	204.00	205.00	204.50		
Carga (kN)	3690				
Sección (mm ²)	101.7				
Densidad (g/cm ³)	7957.60			Porcentaje de resistencia encontrado:	60.86 %
Resistencia Calculada (MPa)	2.27				
	12.78				



Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	05/04/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	15
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	7.8
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	87 % Cemento	13 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	5
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	101.51	101.77	101.77		
Altura (mm)	101.54	102.24	204.50		
Masa (g)	3795				
Carga (kN)	104.8				
Sección (mm ²)	8133.67				
Densidad (g/cm ³)	2.28			Porcentaje de resistencia encontrado:	61.36 %
Resistencia Calculada (MPa)	12.88				


Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	05/04/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	15
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	8.6
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	87 % Cemento	13 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	5
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	102.27	102.53	101.96	 	
Altura (mm)	101.45	101.60	101.50		
Masa (g)	205.00	206.00	205.50		
Carga (kN)	3815				
Sección (mm ²)	101.3				
Densidad (g/cm ³)	8165.28			Porcentaje de resistencia encontrado:	59.08 %
Resistencia Calculada (MPa)	2.27	12.41			


Tesis: "DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO"

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	05/04/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	15
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	8.7
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	87 % Cemento	13 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	102.22	101.66	102.09		
Altura (mm)	101.75	102.74	203.50		
Masa (g)	3820				
Carga (kN)	95				
Sección (mm ²)	8186.11				
Densidad (g/cm ³)	2.29			Porcentaje de resistencia encontrado:	55.26 %
Resistencia Calculada (MPa)	11.61				


Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	19/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	16/04/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	28
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	1.8
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	100 % Cemento	0 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	102.52	102.43	102.48		
Altura (mm)	102.52	102.44			
Masa (g)	204.00	205.00	204.50		
Carga (kN)	3830				
Sección (mm ²)	178.3				
Densidad (g/cm ³)	8247.97	2.27		Porcentaje de resistencia encontrado:	102.94 %
Resistencia Calculada (MPa)		21.62		Porcentaje teórico de resistencia esperado:	95 - 105 %

Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	19/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	16/04/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	28
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	2.9
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	100 % Cemento	0 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	2
				Promedio	Imágenes
Diámetro (mm)	101.82	101.64	101.97		
Altura (mm)	102.17	102.25	204.50		
Masa (g)	205.00	204.00	3780		
Carga (kN)	162.2				
Sección (mm ²)	8166.48				
Densidad (g/cm ³)	2.26			Porcentaje de resistencia encontrado:	94.58 %
Resistencia Calculada (MPa)	19.86			Porcentaje teórico de resistencia esperado:	95 - 105 %




UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL




Tesis: "DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO"

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	19/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	16/04/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	28
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	2.10
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	100 % Cemento	0 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	5
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	101.73	101.82	101.89		
Altura (mm)	101.62	102.40	204.00		
Masa (g)	204.00	204.00	204.00		
Carga (kN)	3770				
Sección (mm ²)	175.7				
	8154.07				
Densidad (g/cm ³)		2.27		Porcentaje de resistencia encontrado:	102.61 %
Resistencia Calculada (MPa)		21.55		Porcentaje teórico de resistencia esperado:	95 - 105 %

Tesis: "DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO"

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	19/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	16/04/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	28
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	2.11
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	100 % Cemento	0 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	5
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	102.26	102.70	102.19		
Altura (mm)	101.63	102.18	203.50		
Masa (g)	204.00	203.00	203.50		
Carga (kN)	3750				
Sección (mm ²)	164.7				
	8202.15				
Densidad (g/cm ³)		2.25		Porcentaje de resistencia encontrado:	95.62 %
Resistencia Calculada (MPa)		20.08		Porcentaje teórico de resistencia esperado:	95 - 105 %




UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Tesis: "DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO"

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	19/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	16/04/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	28
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	3.9
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	93 % Cemento	7 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	101.43	100.07	100.67		
Altura (mm)	100.87	100.31	203.50		
Masa (g)	203.00	204.00	203.50		
Carga (kN)	3660				
Sección (mm ²)	129.6				
	7959.58				
Densidad (g/cm ³)	2.26			Porcentaje de resistencia encontrado:	77.53 %
Resistencia Calculada (MPa)	16.28			Porcentaje teórico de resistencia esperado:	95 - 105 %



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Tesis: "DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO"

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	19/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	16/04/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	28
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	3.1
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	93 % Cemento	7 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	101.52	101.95	101.81		
Altura (mm)	101.79	101.97	203.00		
Masa (g)	203.00	203.00	203.00		
Carga (kN)	3760				
Sección (mm ²)	131.3				
	8140.47				
Densidad (g/cm ³)	2.28			Porcentaje de resistencia encontrado:	76.81 %
Resistencia Calculada (MPa)	16.13			Porcentaje teórico de resistencia esperado:	95 - 105 %




UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL




Tesis: "DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN
SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL
CEMENTOSO SUPLEMENTARIO"

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	19/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	16/04/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	28
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	4.8
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	93 % Cemento	7 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	102.38	101.65	101.99		
Altura (mm)	102.20	101.72	205.00		
Masa (g)	205.00	205.00	205.00		
Carga (kN)	3815				
Sección (mm ²)	127.4				
	8169.28				
Densidad (g/cm ³)	2.28			Porcentaje de resistencia encontrado:	74.26 %
Resistencia Calculada (MPa)	15.60			Porcentaje teórico de resistencia esperado:	95 - 105 %

Tesis: "DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO"

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	19/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	16/04/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	28
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	4.9
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	93 % Cemento	7 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	101.69	102.31	101.98		
Altura (mm)	101.94	101.98	101.98		
Masa (g)	203.00	204.00	203.50		
Carga (kN)	3795				
Sección (mm ²)	122.6				
	8168.08				
Densidad (g/cm ³)	2.28			Porcentaje de resistencia encontrado:	71.47 %
Resistencia Calculada (MPa)	15.01			Porcentaje teórico de resistencia esperado:	95 - 105 %



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL




Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN
SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL
CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	19/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	16/04/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	28
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	4.10
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	93 % Cemento	7 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	101.57	102.52	102.03		
Altura (mm)	102.24	101.77	204.50		
Masa (g)	204.00	205.00	204.50		
Carga (kN)	3820				
Sección (mm ²)	120.5				
	8175.29				
Densidad (g/cm ³)		2.28		Porcentaje de resistencia encontrado:	70.19 %
Resistencia Calculada (MPa)		14.74		Porcentaje teórico de resistencia esperado:	95 - 105 %


Tesis: "DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO"

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	18/04/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	28
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	5.8
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	90 % Cemento	10 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	102.29	102.20	102.11		
Altura (mm)	101.92	102.04	204.00		
Masa (g)	204.00	204.00	204.00		
Carga (kN)	3775				
Sección (mm ²)	124.4				
	8189.32				
Densidad (g/cm ³)		2.26		Porcentaje de resistencia encontrado:	72.34 %
Resistencia Calculada (MPa)		15.19		Porcentaje teórico de resistencia esperado:	95 - 105 %

Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”



ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	18/04/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	28
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	5.9
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	90 % Cemento	10 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	102.85	102.61	102.66		
	102.48	102.68			
Altura (mm)	204.00	204.00	204.00		
Masa (g)	3835				
Carga (kN)	132.6				
Sección (mm ²)	8276.56				
Densidad (g/cm ³)	2.27			Porcentaje de resistencia encontrado:	76.29 %
Resistencia Calculada (MPa)	16.02			Porcentaje teórico de resistencia esperado:	95 - 105 %

Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo	Fecha de Muestreo:	21/03/2021	
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro	Fecha de Ensayo:	18/04/2021	
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro	Edad (días):	28	
	Agua:	Red A.P. Riobamba	Elaborado por:	Génesis Vallejo	
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA	Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña	
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	5.10
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	90 % Cemento	10 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3

			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	102.40	102.00	102.19		
	101.97	102.38			
Altura (mm)	203.00	205.00	204.00		
Masa (g)	3775				
Carga (kN)	125.7				
Sección (mm ²)	8201.35				
Densidad (g/cm ³)	2.26		Porcentaje de resistencia encontrado:	72.98	%
Resistencia Calculada (MPa)	15.33		Porcentaje teórico de resistencia esperado:	95 - 105	%




UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Tesis: "DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO"


ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	18/04/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	28
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	6.9
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	90 % Cemento	10 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	102.41	101.16	102.05		
Altura (mm)	101.92	102.69	205.00		
Masa (g)	3830				
Carga (kN)	117.1				
Sección (mm ²)	8178.49				
Densidad (g/cm ³)	2.28			Porcentaje de resistencia encontrado:	68.18 %
Resistencia Calculada (MPa)	14.32			Porcentaje teórico de resistencia esperado:	95 - 105 %

Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	18/04/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	28
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	6.10
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	90 % Cemento	10 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3

			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	102.01	102.12	102.18		
	102.38	102.20			
Altura (mm)	204.00	205.00	204.50		
Masa (g)	3805				
Carga (kN)	119.0				
Sección (mm ²)	8199.75				
Densidad (g/cm ³)	2.27			Porcentaje de resistencia encontrado:	69.11 %
Resistencia Calculada (MPa)	14.51			Porcentaje teórico de resistencia esperado:	95 - 105 %




UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	18/04/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	28
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	7.9
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	87 % Cemento	13 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	5
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	101.84	101.15	101.69		
Altura (mm)	101.77	101.98	204.50		
Masa (g)	204.00	205.00	204.50		
Carga (kN)	3805				
Sección (mm ²)	130.0				
	8120.89				
Densidad (g/cm ³)		2.29		Porcentaje de resistencia encontrado:	76.23 %
Resistencia Calculada (MPa)		16.01		Porcentaje teórico de resistencia esperado:	95 - 105 %



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL




Tesis: "DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO"

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	18/04/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	28
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	7.10
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	87 % Cemento	13 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
				Promedio	Imágenes
Diámetro (mm)	101.85	102.29	101.77		
Altura (mm)	101.43	101.52	204.50		
Masa (g)	204.00	205.00	204.50		
Carga (kN)	3780				
Sección (mm ²)	125.7				
	8134.87				
Densidad (g/cm ³)	2.27			Porcentaje de resistencia encontrado:	73.58 %
Resistencia Calculada (MPa)	15.45			Porcentaje teórico de resistencia esperado:	95 - 105 %


Tesis: “DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO”

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	18/04/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	28
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	8.8
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	87 % Cemento	13 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	101.75	101.70	101.74		
	102.11	101.40			
Altura (mm)	204.00	206.00	205.00		
Masa (g)	3835				
Carga (kN)	112.4				
Sección (mm ²)	8129.68				
Densidad (g/cm ³)	2.30			Porcentaje de resistencia encontrado:	65.84 %
Resistencia Calculada (MPa)	13.83			Porcentaje teórico de resistencia esperado:	95 - 105 %


Tesis: "DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO"

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	18/04/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	28
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	8.9
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	87 % Cemento	13 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	102.36	102.32	102.44		
	102.62	102.44			
Altura (mm)	206.00	205.00	205.50		
Masa (g)	3780				
Carga (kN)	112.9				
Sección (mm ²)	8241.13				
Densidad (g/cm ³)	2.23			Porcentaje de resistencia encontrado:	65.24 %
Resistencia Calculada (MPa)	13.70			Porcentaje teórico de resistencia esperado:	95 - 105 %

Tesis: "DURABILIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN SINTETIZADO CON DESECHOS CERÁMICOS COMO MATERIAL CEMENTOSO SUPLEMENTARIO"

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Procedencia de los materiales:	Cemento:	Chimborazo		Fecha de Muestreo:	21/03/2021
	A. Fino:	Cantera Cerro Negro		Fecha de Ensayo:	18/04/2021
	A. Grueso:	Cantera Cerro Negro		Edad (días):	28
	Agua:	Red A.P. Riobamba		Elaborado por:	Génesis Vallejo
	Polvo de C.W.:	ECUACERÁMICA		Director de Proyecto:	Ing. Carlos Saldaña
Norma de ensayo:	INEN NTE 1573			Identificación:	8.10
Detalle de Probeta:	Cilindro de Prueba de 21 MPa	87 % Cemento	13 % Polvo de C.W.	Tipo de falla:	3
			Promedio	Imágenes	
Diámetro (mm)	101.85	101.60	101.86		
Altura (mm)	102.00	102.00	204.50		
Masa (g)	3760				
Carga (kN)	126.8				
Sección (mm ²)	8149.27				
Densidad (g/cm ³)	2.26			Porcentaje de resistencia encontrado:	74.09 %
Resistencia Calculada (MPa)	15.56			Porcentaje teórico de resistencia esperado:	95 - 105 %

8.19. Anexo 19. Cálculo de Resistencia a compresión para cada porcentaje de sustitución a los 3 días.

N° PROBETA	DETALLE DE PROBETA			RESISTENCIA ESPECIFICADA (MPa)	DIAMETRO (mm)			ALTURA (mm)		MASA (g)	L/D	CARGA (kN)	SECCIÓN (mm ²)	VOLUMEN (cm ³)	DENSIDAD (g/cm ³)	RESISTENCIA		PORCENTAJE DE RESISTENCIA ENCONTRADA	PORCENTAJE TEÓRICO DE RESISTENCIA ESPERADA	MÓDULO DE ELASTICIDAD (GPa)	TIPO DE FALLA	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	OBSERVACIONES	
					SUPERIOR	INFERIOR	PROMEDIO	PARCIAL	PROMEDIO							(MPa)	(kg/cm ²)									
1	Cilindro de Prueba	1.1	0% SUSTITUCIÓN	21	103.03 100.7	101.69 102.79	102.0525	203 200	201.50	3776.7	1.97	95.1	8179.69627	1648.21	2.29	11.626	118.64	55.36%	45 - 55 %	16.03	3	19/03/2021	22/03/2021	3	4 cm asentamiento	
2	Cilindro de Prueba	1.2	0% SUSTITUCIÓN	21	102.52 102.36	101.48 101.99	102.0375	203 204	203.50	3816.17	1.99	79.45	8177.29189	1664.08	2.29	9.716	99.14	46.27%	45 - 55 %	14.65	3	19/03/2021	22/03/2021	3	4 cm asentamiento	
3	Cilindro de Prueba	2.1	0% SUSTITUCIÓN	21	102.02 101.61	101.3 102.18	101.7775	206 206	206.00	3823.32	2.02	72.36	8135.67215	1675.95	2.28	8.894	90.76	42.35%	45 - 55 %	14.02	2	19/03/2021	22/03/2021	3	6 cm asentamiento	
4	Cilindro de Prueba	2.2	0% SUSTITUCIÓN	21	101.46 102.5	101.83 102.75	102.135	205 206	205.50	3784.86	2.01	73.15	8192.92667	1683.65	2.25	8.928	91.11	42.52%	45 - 55 %	14.04	4	19/03/2021	22/03/2021	3	6 cm asentamiento	
5	Cilindro de Prueba	2.3	0% SUSTITUCIÓN	21	102.39 102.38	103.16 102.33	102.565	205 206	205.50	3801.91	2.00	80.65	8262.0582	1697.85	2.24	9.761	99.61	46.48%	45 - 55 %	14.68	2	19/03/2021	22/03/2021	3	6 cm asentamiento	
																	PROMEDIO			2.27	9.79		46.60%	45 - 55 %		
1	Cilindro de Prueba	3.1	7% SUSTITUCIÓN	21	101.96 101.68	102.76 101.23	101.9075	206 204	205.00	3782.43	2.01	60.15	8156.46875	1672.08	2.26	7.375	75.25	35.12%	45 - 55 %	12.76	3	19/03/2021	22/03/2021	3	6 cm asentamiento	
2	Cilindro de Prueba	3.2	7% SUSTITUCIÓN	21	101.2 101.93	101.62 102.84	101.8975	207 205	206.00	3782.4	2.02	62.35	8154.86807	1679.90	2.25	7.646	78.02	36.41%	45 - 55 %	13.00	3	19/03/2021	22/03/2021	3	6 cm asentamiento	
3	Cilindro de Prueba	3.3	7% SUSTITUCIÓN	21	101.87 102.05	102.8 101.72	102.11	206 205	205.50	3767.36	2.01	63.3	8188.91633	1682.82	2.24	7.730	78.88	36.81%	45 - 55 %	13.07	2	19/03/2021	22/03/2021	3	6 cm asentamiento	
4	Cilindro de Prueba	4.1	7% SUSTITUCIÓN	21	102.05 101.96	102.65 102.7	102.34	206 206	206.00	3796.41	2.01	62.3	8225.8485	1694.52	2.24	7.574	77.28	36.07%	45 - 55 %	12.93	3	19/03/2021	22/03/2021	3	6 cm asentamiento	
5	Cilindro de Prueba	4.2	7% SUSTITUCIÓN	21	101.75 102.9	102.43 102.83	102.4775	205 204	204.50	3795.58	2.00	57.65	8247.9672	1686.71	2.25	6.990	71.32	33.28%	45 - 55 %	12.43	2	19/03/2021	22/03/2021	3	6 cm asentamiento	
																	PROMEDIO			2.25	7.46		35.54%	45 - 55 %		
1	Cilindro de Prueba	5.1	10% SUSTITUCIÓN	21	102.21 102.25	101.38 102.99	102.2075	202 201	201.50	3717.3	1.97	65.95	8204.56221	1653.22	2.25	8.038	82.02	38.28%	45 - 55 %	13.33	3	21/03/2021	24/03/2021	3	6 cm asentamiento	
2	Cilindro de Prueba	5.2	10% SUSTITUCIÓN	21	101.77 101.75	101.5 102.39	101.8525	204 205	204.50	3733.8	2.01	60	8147.66695	1666.20	2.24	7.364	75.14	35.07%	45 - 55 %	12.75	3	21/03/2021	24/03/2021	3	6 cm asentamiento	
3	Cilindro de Prueba	6.1	10% SUSTITUCIÓN	21	100.25 101.42	100.47 101.92	101.015	204 204	204.00	3725.32	2.02	56.9	8014.2266	1634.90	2.28	7.100	72.45	33.81%	45 - 55 %	12.52	2	21/03/2021	24/03/2021	2	6 cm asentamiento	
4	Cilindro de Prueba	6.2	10% SUSTITUCIÓN	21	102.38 101.19	102.74 102.03	102.085	203 204	203.50	3748.6	1.99	56.6	8184.90697	1665.63	2.25	6.915	70.56	32.93%	45 - 55 %	12.36	4	21/03/2021	24/03/2021	2	6 cm asentamiento	
5	Cilindro de Prueba	6.3	10% SUSTITUCIÓN	21	101.61 102.23	101.49 102.06	101.8475	205 204	204.50	3780.48	2.01	46.9	8146.86702	1666.03	2.27	5.757	58.74	27.41%	45 - 55 %	11.28	2	21/03/2021	24/03/2021	3	6 cm asentamiento	
																	PROMEDIO			2.26	7.03		33.50%	45 - 55 %		
1	Cilindro de Prueba	7.1	13% SUSTITUCIÓN	21	102.16 101.84	102.64 101.59	102.0575	204 205	204.50	3785.94	2.00	61.75	8180.49781	1672.91	2.26	7.548	77.02	35.94%	45 - 55 %	12.91	3	21/03/2021	24/03/2021	3	6 cm asentamiento	
2	Cilindro de Prueba	7.2	13% SUSTITUCIÓN	21	101.8 102.5	102.68 102.08	102.265	205 205	205.00	3814.54	2.00	61.5	8213.79627	1683.83	2.27	7.487	76.40	35.65%	45 - 55 %	12.86	3	21/03/2021	24/03/2021	3	6 cm asentamiento	
3	Cilindro de Prueba	7.3	13% SUSTITUCIÓN	21	102.23 101.85	102.54 101.07	101.9225	204 203	203.50	3759.47	2.00	53.7	8158.87006	1660.33	2.26	6.582	67.16	31.34%	45 - 55 %	12.06	2	21/03/2021	24/03/2021	3	6 cm asentamiento	
4	Cilindro de Prueba	8.1	13% SUSTITUCIÓN	21	102.37 102.59	102.54 102.75	102.5625	204 205	204.50	3816.07	1.99	54.05	8261.65544	1689.51	2.26	6.542	66.76	31.15%	45 - 55 %	12.02	3	21/03/2021	24/03/2021	3	6 cm asentamiento	
5	Cilindro de Prueba	8.2	13% SUSTITUCIÓN	21	101.66 101.91	101.16 102.25	101.745	205 205	205.00	3763.54	2.01	50.45	8130.47715	1666.75	2.26	6.205	63.32	29.55%	45 - 55 %	11.71	2	21/03/2021	24/03/2021	3	6 cm asentamiento	
																	PROMEDIO			2.26	6.87		32.73%	45 - 55 %		

8.20. Anexo 20. Cálculo de Resistencia a compresión para cada porcentaje de sustitución a los 7 días.

N° PROBETA	DETALLE DE PROBETA			RESISTENCIA ESPECIFICADA (MPa)	DIÁMETRO (mm)			ALTURA (mm)		MASA (g)	L/D	CARGA (kN)	SECCIÓN (mm2)	VOLUMEN (cm³)	DENSIDAD (g/cm³)	RESISTENCIA		PORCENTAJE DE RESISTENCIA ENCONTRADA	PORCENTAJE TEÓRICO DE RESISTENCIA ESPERADA	MÓDULO DE ELASTICIDAD (GPa)	TIPO DE FALLA	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	OBSERVACIONES		
					SUPERIOR	INFERIOR	PROMEDIO	PARCIAL	PROMEDIO							(MPa)	(kg/cm2)										
1	Cilindro de Prueba	1.4	0% SUSTITUCIÓN	21	101.88 101.73	101.98 102.18	101.9425	204 204	204.00	3824.36	2.00	120.95	8162.07237	1665.06	2.30	14.819	151.21	70.56%	65 - 75 %	18.09	3	19/03/2021	26/03/2021	7	4 cm asentamiento		
2	Cilindro de Prueba	1.5	0% SUSTITUCIÓN	21	102.18 102.17	103.21 101.95	102.3775	203 203	203.00	3819.89	1.98	130.15	8231.87793	1671.07	2.29	15.810	161.33	75.29%	65 - 75 %	18.69	3	19/03/2021	26/03/2021	7	4 cm asentamiento		
3	Cilindro de Prueba	2.4	0% SUSTITUCIÓN	21	101.75 101.79	101.6 102.85	101.9975	202 203	202.50	3754.48	1.99	111.05	8170.88194	1654.60	2.27	13.591	138.68	64.72%	65 - 75 %	17.33	3	19/03/2021	26/03/2021	7	6 cm asentamiento		
4	Cilindro de Prueba	2.5	0% SUSTITUCIÓN	21	101.92 102.27	102.7 102.3	102.2975	205 204	204.50	3778.01	2.00	114.34	8219.01782	1680.79	2.25	13.912	141.96	66.25%	65 - 75 %	17.53	3	19/03/2021	26/03/2021	7	6 cm asentamiento		
															PROMEDIO	2.27	14.53	69.20%	65 - 75 %								
1	Cilindro de Prueba	3.4	7% SUSTITUCIÓN	21	101.75 102.8	102.72 102.17	102.36	204 205	204.50	3813.53	2.00	91.9	8229.06392	1682.84	2.27	11.168	113.96	53.18%	65 - 75 %	15.71	3	19/03/2021	26/03/2021	7	6 cm asentamiento		
2	Cilindro de Prueba	3.5	7% SUSTITUCIÓN	21	102.31 101.57	101.02 101.06	101.49	204 205	204.50	3790.29	2.01	92.8	8089.77395	1654.36	2.29	11.471	117.05	54.63%	65 - 75 %	15.92	3	19/03/2021	26/03/2021	7	6 cm asentamiento		
3	Cilindro de Prueba	4.3	7% SUSTITUCIÓN	21	102.21 102.24	101.84 102.02	102.0775	203 204	203.50	3810.17	1.99	78.6	8183.70435	1665.38	2.29	9.604	98.00	45.74%	65 - 75 %	14.57	3	19/03/2021	26/03/2021	7	6 cm asentamiento		
4	Cilindro de Prueba	4.4	7% SUSTITUCIÓN	21	102.1 102.41	101.79 102.41	102.1775	203 203	203.00	3775.51	1.99	85.45	8199.7465	1664.55	2.27	10.421	106.34	49.62%	65 - 75 %	15.17	3	19/03/2021	26/03/2021	7	6 cm asentamiento		
5	Cilindro de Prueba	4.5	7% SUSTITUCIÓN	21	102.24 102.65	102.76 102.24	102.4725	203 204	203.50	3822.64	1.99	77.55	8247.16237	1678.30	2.28	9.403	95.95	44.78%	65 - 75 %	14.41	3	19/03/2021	26/03/2021	7	6 cm asentamiento		
															PROMEDIO	2.28	10.41	49.59%	65 - 75 %								
1	Cilindro de Prueba	5.3	10% SUSTITUCIÓN	21	101.63 101.63	102.64 101.49	101.8475	205 205	205.00	3775.06	2.01	91.7	8146.86702	1670.11	2.26	11.256	114.86	53.60%	65 - 75 %	15.77	3	21/03/2021	28/03/2021	7	6 cm asentamiento		
2	Cilindro de Prueba	5.4	10% SUSTITUCIÓN	21	101.68 102.16	102.79 101.7	102.0825	205 205	205.00	3799.14	2.01	79.4	8184.50609	1677.82	2.26	9.701	98.99	46.20%	65 - 75 %	14.64	3	21/03/2021	28/03/2021	7	6 cm asentamiento		
3	Cilindro de Prueba	5.5	10% SUSTITUCIÓN	21	101.72 101.8	102.22 101.4	101.785	204 204	204.00	3761.57	2.00	84.3	8136.87123	1659.92	2.27	10.360	105.72	49.33%	65 - 75 %	15.13	3	21/03/2021	28/03/2021	7	6 cm asentamiento		
4	Cilindro de Prueba	6.4	10% SUSTITUCIÓN	21	102.51 102.27	102.85 102.6	102.5575	204 204	204.00	3837.81	1.99	87.9	8260.84993	1685.21	2.28	10.641	108.58	50.67%	65 - 75 %	15.33	3	21/03/2021	28/03/2021	7	6 cm asentamiento		
5	Cilindro de Prueba	6.5	10% SUSTITUCIÓN	21	102.09 101.72	101.77 102.6	102.045	204 205	204.50	3805.7	2.00	87.7	8178.49404	1672.50	2.28	10.723	109.42	51.06%	65 - 75 %	15.39	3	21/03/2021	28/03/2021	7	6 cm asentamiento		
															PROMEDIO	2.27	10.54	50.17%	65 - 75 %								
1	Cilindro de Prueba	7.4	13% SUSTITUCIÓN	21	101.39 102.1	102.42 102.76	102.1675	204 205	204.50	3824.48	2.00	85	8198.14158	1676.52	2.28	10.368	105.80	49.37%	65 - 75 %	15.13	3	21/03/2021	28/03/2021	7	6 cm asentamiento		
2	Cilindro de Prueba	7.5	13% SUSTITUCIÓN	21	102.39 102.75	102.28 102.31	102.4325	204 205	204.50	3815.97	2.00	77.7	8240.72509	1685.23	2.26	9.429	96.21	44.90%	65 - 75 %	14.43	3	21/03/2021	28/03/2021	7	6 cm asentamiento		
3	Cilindro de Prueba	8.3	13% SUSTITUCIÓN	21	101.78 101.71	102.02 102.43	101.985	204 205	204.50	3801.79	2.01	77.25	8168.87935	1670.54	2.28	9.457	96.50	45.03%	65 - 75 %	14.45	3	21/03/2021	28/03/2021	7	6 cm asentamiento		
4	Cilindro de Prueba	8.4	13% SUSTITUCIÓN	21	101.64 102.32	101.77 102.22	101.9875	204 204	204.00	3790.46	2.00	77.7	8169.27985	1666.53	2.27	9.511	97.05	45.29%	65 - 75 %	14.49	3	21/03/2021	28/03/2021	7	6 cm asentamiento		
5	Cilindro de Prueba	8.5	13% SUSTITUCIÓN	21	102.41 101.58	101.65 102.2	101.96	205 205	205.00	3830.43	2.01	80.95	8164.8749	1673.80	2.29	9.914	101.17	47.21%	65 - 75 %	14.80	3	21/03/2021	28/03/2021	7	6 cm asentamiento		
															PROMEDIO	2.28	9.74	46.36%	65 - 75 %								

8.21. Anexo 21. Cálculo de Resistencia a compresión para cada porcentaje de sustitución a los 17 días.

N° PROBETA	DETALLE DE PROBETA				RESISTENCIA ESPECIFICADA (MPa)	DIÁMETRO (mm)			ALTURA (mm)		MASA (g)	L/D	CARGA (kN)	SECCIÓN (mm ²)	VOLUMEN (cm ³)	DENSIDAD (g/cm ³)	RESISTENCIA		PORCENTAJE DE RESISTENCIA ENGASADA	MÓDULO DE ELASTICIDAD (GPa)	TIPO DE FALLA	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	OBSERVACIONES
						SUPERIOR	INFERIOR	PROMEDIO	PARCIAL	PROMEDIO							(MPa)	(kg/cm ²)							
1	Cilindro de Prueba	1.7	0%	SUSTITUCIÓN	21	102.55 102.59	102.98 102.81	102.7325	204 204	204.00	3860	1.99	154.9	8289.06595	1690.97	2.28	18.687	190.69	88.99%	20.32	3	19/03/2021	05/04/2021	17	4 cm asentamiento
2	Cilindro de Prueba	2.6	0%	SUSTITUCIÓN	21	101.54 102.18	102 101.85	101.8925	204 203	203.50	3790	2.00	137.8	8154.06779	1659.35	2.28	16.900	172.44	80.47%	19.32	5	19/03/2021	05/04/2021	17	6 cm asentamiento
3	Cilindro de Prueba	2.7	0%	SUSTITUCIÓN	21	101.42 101.94	101.35 102.32	101.7575	204 204	204.00	3775	2.00	137.6	8132.47503	1659.02	2.28	16.920	172.65	80.57%	19.33	5	19/03/2021	05/04/2021	17	6 cm asentamiento
4	Cilindro de Prueba	2.8	0%	SUSTITUCIÓN	21	102.39 101.91	102.4 101.68	102.095	204 205	204.50	3810	2.00	125.6	8186.5106	1674.14	2.28	15.342	156.55	73.06%	18.41	5	19/03/2021	05/04/2021	17	6 cm asentamiento
																	PROMEDIO		80.77%						
1	Cilindro de Prueba	3.6	7%	SUSTITUCIÓN	21	102.33 101.84	102.57 102.64	102.345	205 205	205.00	3815	2.00	118.2	8226.6523	1686.46	2.26	14.368	146.61	68.42%	17.82	3	19/03/2021	05/04/2021	17	6 cm asentamiento
2	Cilindro de Prueba	3.7	7%	SUSTITUCIÓN	21	102.57 101.19	102.01 102.13	101.975	205 204	204.50	3810	2.01	119.1	8167.27745	1670.21	2.28	14.583	148.80	69.44%	17.95	5	19/03/2021	05/04/2021	17	6 cm asentamiento
3	Cilindro de Prueba	3.8	7%	SUSTITUCIÓN	21	102.59 102.58	102.37 102.27	102.4525	203 204	203.50	3810	1.99	119.9	8243.94341	1677.64	2.27	14.544	148.41	69.26%	17.92	3	19/03/2021	05/04/2021	17	6 cm asentamiento
4	Cilindro de Prueba	4.6	7%	SUSTITUCIÓN	21	102.6 102.34	102.9 101.4	102.31	204 203	203.50	3820	1.99	106.8	8221.02655	1672.98	2.28	12.991	132.56	61.86%	16.94	3	19/03/2021	05/04/2021	17	6 cm asentamiento
5	Cilindro de Prueba	4.7	7%	SUSTITUCIÓN	21	102.45 101.55	101.71 101.72	101.8575	205 204	204.50	3785	2.01	103.1	8148.46692	1666.36	2.27	12.653	129.11	60.25%	16.72	5	19/03/2021	05/04/2021	17	6 cm asentamiento
																	PROMEDIO		65.85%						

8.22. Anexo 22. Cálculo de Resistencia a compresión para cada porcentaje de sustitución a los 15 días.

N° PROBETA	DETALLE DE PROBETA				RESISTENCIA ESPECIFICADA (MPa)	DIÁMETRO (mm)			ALTURA (mm)		MASA (g)	L/D	CARGA (kN)	SECCIÓN (mm ²)	VOLUMEN (cm ³)	DENSIDAD (g/cm ³)	RESISTENCIA		PORCENTAJE DE RESISTENCIA ENGASADA	MÓDULO DE ELASTICIDAD (GPa)	TIPO DE FALLA	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	OBSERVACIONES
						SUPERIOR	INFERIOR	PROMEDIO	PARCIAL	PROMEDIO							(MPa)	(kg/cm ²)							
1	Cilindro de Prueba	5.6	10%	SUSTITUCIÓN	21	101.83 102.32	102.17 101.64	101.99	204 204	204.00	3770	2.00	109	8169.68036	1666.61	2.26	13.342	136.14	63.53%	17.17	3	21/03/2021	05/04/2021	15	6 cm asentamiento
2	Cilindro de Prueba	5.7	10%	SUSTITUCIÓN	21	102.28 101.78	102.23 101.62	101.9775	204 205	204.50	3800	2.01	100.8	8167.67791	1670.29	2.28	12.341	125.93	58.77%	16.51	5	21/03/2021	05/04/2021	15	6 cm asentamiento
3	Cilindro de Prueba	6.6	10%	SUSTITUCIÓN	21	102.16 102.17	102.14 102.2	102.1675	203 204	203.50	3810	1.99	109.9	8198.14158	1668.32	2.28	13.405	136.79	63.84%	17.21	5	21/03/2021	05/04/2021	15	6 cm asentamiento
4	Cilindro de Prueba	6.7	10%	SUSTITUCIÓN	21	101.42 101.29	102.48 101.83	101.755	203 204	203.50	3800	2.00	102.4	8132.07544	1654.88	2.30	12.592	128.49	59.96%	16.68	5	21/03/2021	05/04/2021	15	6 cm asentamiento
5	Cilindro de Prueba	6.8	10%	SUSTITUCIÓN	21	102.1 101.93	102.08 101.99	102.025	204 205	204.50	3820	2.00	110.9	8175.28851	1671.85	2.28	13.565	138.42	64.60%	17.31	3	21/03/2021	05/04/2021	15	6 cm asentamiento
																	PROMEDIO		62.14%						
1	Cilindro de Prueba	7.7	13%	SUSTITUCIÓN	21	100.62 100.71	100.41 100.89	100.6575	204 205	204.50	3690	2.03	101.7	7957.60102	1627.33	2.27	12.780	130.41	60.86%	16.80	5	21/03/2021	05/04/2021	15	6 cm asentamiento
2	Cilindro de Prueba	7.8	13%	SUSTITUCIÓN	21	101.51 101.54	101.77 102.24	101.765	205 204	204.50	3795	2.01	104.8	8133.67388	1663.34	2.28	12.885	131.48	61.36%	16.87	5	21/03/2021	05/04/2021	15	6 cm asentamiento
3	Cilindro de Prueba	8.6	13%	SUSTITUCIÓN	21	102.27 101.45	102.53 101.6	101.9625	205 206	205.50	3815	2.02	101.3	8165.2753	1677.96	2.27	12.406	126.59	59.08%	16.55	5	21/03/2021	05/04/2021	15	6 cm asentamiento
4	Cilindro de Prueba	8.7	13%	SUSTITUCIÓN	21	102.22 101.75	101.66 102.74	102.0925	204 203	203.50	3820	1.99	95	8186.10968	1665.87	2.29	11.605	118.42	55.26%	16.01	3	21/03/2021	05/04/2021	15	6 cm asentamiento
																	PROMEDIO		59.14%						

8.23. Anexo 23. Cálculo de Resistencia a compresión para cada porcentaje de sustitución a los 28 días.

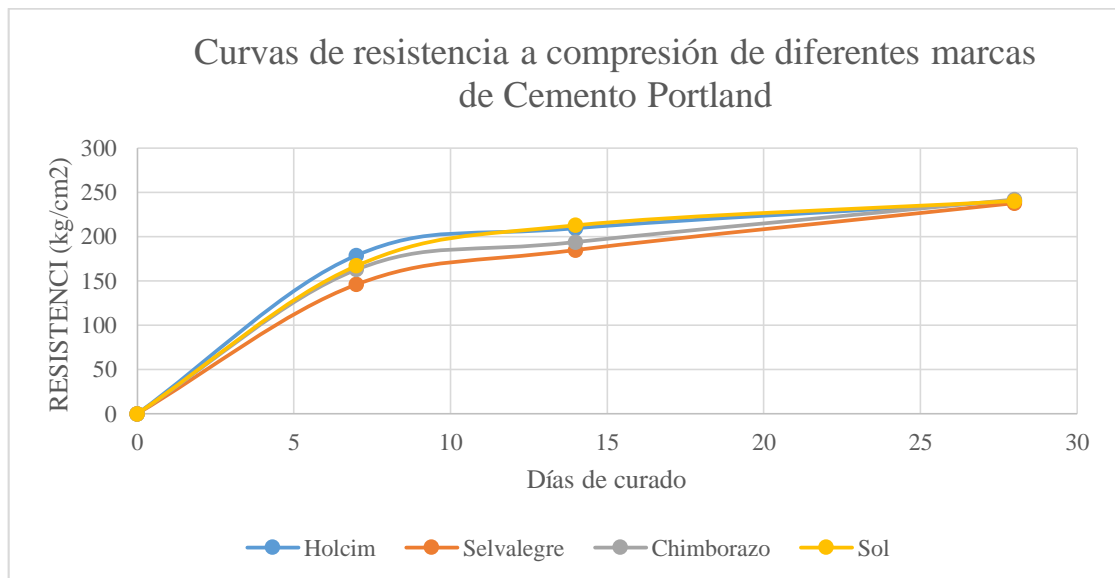
N° PROBETA	DETALLE DE PROBETA			RESISTENCIA ESPECIFICADA (MPa)	DIÁMETRO (mm)			ALTURA (mm)		MASA (g)	L/D	CARGA (kN)	SECCIÓN (mm2)	VOLUMEN (cm³)	DENSIDAD (g/cm³)	RESISTENCIA		PORCENTAJE DE RESISTENCIA ENCONTRADA	PORCENTAJE TEÓRICO DE RESISTENCIA ESPERADA	MÓDULO DE ELASTICIDAD (GPa)	TIPO DE FALLA	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	OBSERVACIONES
					SUPERIOR	INFERIOR	PROMEDIO	PARCIAL	PROMEDIO							(MPa)	(kg/cm2)								
1	Cilindro de Prueba	1.8	0% SUSTITUCIÓN	21	102.52 102.52	102.43 102.44	102.4775	204 204	204.50	3830	2.00	178.3	8247.9672	1686.71	2.27	21.617	220.59	102.94%	95 - 105 %	21.85	3	19/03/2021	16/04/2021	3	4 cm asentamiento
2	Cilindro de Prueba	2.9	0% SUSTITUCIÓN	21	101.82 102.17	101.64 102.25	101.97	205 204	204.50	3780	2.01	162.2	8166.47656	1670.04	2.26	19.862	202.67	94.58%	95 - 105 %	20.95	2	19/03/2021	16/04/2021	3	6 cm asentamiento
3	Cilindro de Prueba	2.10	0% SUSTITUCIÓN	21	101.73 101.62	101.82 102.40	101.8925	204 204	204.00	3770	2.00	175.7	8154.06779	1663.43	2.27	21.548	219.87	102.61%	95 - 105 %	21.82	5	19/03/2021	16/04/2021	3	6 cm asentamiento
4	Cilindro de Prueba	2.11	0% SUSTITUCIÓN	21	102.26 101.63	102.70 102.18	102.1925	204 203	203.50	3750	1.99	164.7	8202.15418	1669.14	2.25	20.080	204.90	95.62%	95 - 105 %	21.06	4	19/03/2021	16/04/2021	3	6 cm asentamiento
													PROMEDIO		2.26	20.78		98.94%	95 - 105 %						
1	Cilindro de Prueba	3.9	7% SUSTITUCIÓN	21	101.43 100.87	100.07 100.31	100.67	203 204	203.50	3660	2.02	129.6	7959.57755	1619.77	2.26	16.282	166.15	77.53%	95 - 105 %	18.97	3	19/03/2021	16/04/2021	3	6 cm asentamiento
2	Cilindro de Prueba	3.10	7% SUSTITUCIÓN	21	101.52 101.79	101.95 101.97	101.8075	203 203	203.00	3760	1.99	131.3	8140.46901	1652.52	2.28	16.129	164.58	76.81%	95 - 105 %	18.88	3	19/03/2021	16/04/2021	3	6 cm asentamiento
3	Cilindro de Prueba	4.8	7% SUSTITUCIÓN	21	102.38 102.20	101.65 101.72	101.9875	205 205	205.00	3815	2.01	127.4	8169.27985	1674.70	2.28	15.595	159.13	74.26%	95 - 105 %	18.56	3	19/03/2021	16/04/2021	3	6 cm asentamiento
4	Cilindro de Prueba	4.9	7% SUSTITUCIÓN	21	101.69 101.94	102.31 101.98	101.98	203 204	203.50	3795	2.00	122.6	8168.07838	1662.20	2.28	15.010	153.16	71.47%	95 - 105 %	18.21	3	19/03/2021	16/04/2021	3	6 cm asentamiento
5	Cilindro de Prueba	4.10	7% SUSTITUCIÓN	21	101.57 102.24	102.52 101.77	102.025	204 205	204.50	3820	2.00	120.5	8175.28851	1671.85	2.28	14.740	150.40	70.19%	95 - 105 %	18.04	3	19/03/2021	16/04/2021	3	6 cm asentamiento
													PROMEDIO		2.28	15.55		74.05%	95 - 105 %						
1	Cilindro de Prueba	5.8	10% SUSTITUCIÓN	21	102.29 101.92	102.2 102.04	102.1125	204 204	204.00	3775	2.00	124.4	8189.31732	1670.62	2.26	15.191	155.01	72.34%	95 - 105 %	18.32	3	21/03/2021	18/04/2021	3	6 cm asentamiento
2	Cilindro de Prueba	5.9	10% SUSTITUCIÓN	21	102.85 102.48	102.61 102.68	102.655	204 204	204.00	3835	1.99	132.6	8276.56435	1688.42	2.27	16.021	163.48	76.29%	95 - 105 %	18.81	3	21/03/2021	18/04/2021	3	6 cm asentamiento
3	Cilindro de Prueba	5.10	10% SUSTITUCIÓN	21	102.40 101.97	102.00 102.38	102.1875	203 205	204.00	3775	2.00	125.7	8201.35158	1673.08	2.26	15.327	156.40	72.98%	95 - 105 %	18.40	2	21/03/2021	18/04/2021	3	6 cm asentamiento
4	Cilindro de Prueba	6.9	10% SUSTITUCIÓN	21	102.41 101.92	101.16 102.69	102.045	204 206	205.00	3830	2.01	117.1	8178.49404	1676.59	2.28	14.318	146.10	68.18%	95 - 105 %	17.78	4	21/03/2021	18/04/2021	3	6 cm asentamiento
5	Cilindro de Prueba	6.10	10% SUSTITUCIÓN	21	102.01 102.38	102.12 102.20	102.1775	204 205	204.50	3805	2.00	119.0	8199.7465	1676.85	2.27	14.513	148.09	69.11%	95 - 105 %	17.90	2	21/03/2021	18/04/2021	3	6 cm asentamiento
													PROMEDIO		2.27	15.07		71.78%	95 - 105 %						
1	Cilindro de Prueba	7.9	13% SUSTITUCIÓN	21	101.84 101.77	101.15 101.98	101.685	204 205	204.50	3805	2.01	130.0	8120.89074	1660.72	2.29	16.008	163.35	76.23%	95 - 105 %	18.80	3	21/03/2021	18/04/2021	5	6 cm asentamiento
2	Cilindro de Prueba	7.10	13% SUSTITUCIÓN	21	101.85 101.43	102.29 101.52	101.7725	204 205	204.50	3780	2.01	125.7	8134.87281	1663.58	2.27	15.452	157.67	73.58%	95 - 105 %	18.48	3	21/03/2021	18/04/2021	3	6 cm asentamiento
3	Cilindro de Prueba	8.8	13% SUSTITUCIÓN	21	101.75 102.11	101.70 101.40	101.74	204 206	205.00	3835	2.01	112.4	8129.67807	1666.58	2.30	13.826	141.08	65.84%	95 - 105 %	17.48	2	21/03/2021	18/04/2021	3	6 cm asentamiento
4	Cilindro de Prueba	8.9	13% SUSTITUCIÓN	21	102.36 102.62	102.32 102.44	102.435	206 205	205.50	3780	2.01	112.9	8241.12734	1693.55	2.23	13.700	139.79	65.24%	95 - 105 %	17.40	3	21/03/2021	18/04/2021	3	6 cm asentamiento
5	Cilindro de Prueba	8.10	13% SUSTITUCIÓN	21	101.85 102.00	101.6 102.00	101.8625	204 205	204.50	3760	2.01	126.8	8149.26692	1666.53	2.26	15.560	158.77	74.09%	95 - 105 %	18.54	2	21/03/2021	18/04/2021	3	6 cm asentamiento
													PROMEDIO		2.27	14.91		71.00%	95 - 105 %						

8.24. Anexo 24. Valores teóricos de resistencia esperada para diferentes edades de curado.

Resistencia Relativa a la compresión (%)				f'c = 210 kg/cm ²		
Edad (días)	Límite Inferior	Promedio	Límite Superior	Límite Inferior	Promedio	Límite Superior
0	0	0	0	0	0	0
1	10	10	10	21.00	21.00	21.00
3	45	50	55	94.50	105.00	115.50
7	65	70	75	136.50	147.00	157.50
14	80	85	90	168.00	178.50	189.00
21	90	95	100	189.00	199.50	210.00
28	95	100	105	199.50	210.00	220.50
56	115	120	125	241.50	252.00	262.50

Fuente: (Martinez, 2016)

8.25. Anexo 25. Curvas de resistencia a compresión de diferentes marcas de Cemento Portland.



Fuente: (Martinez, 2016)

8.26. Anexo 26. Análisis de Precios Unitarios para un hormigón convencional

f'c = 21 MPa.

Rubro: 1 Unidad: m³
 Detalle: Hormigón convencional f'c = 21 MPa

Equipos

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=AxB	Rendimiento (h/m ³) R	Costo D=CxR
Herramienta Menor (5% de M.O)					0.57
Concreteira (1 saco)	1	5.00	5.00	1.00	5.00
Total equipo (M):					5.57

Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Jornal/HR B	Costo Hora C=AxB	Rendimiento R	Costo D=CxR
Peón EO E2	1	3.62	3.62	1	3.62
Albañil EO D2	1	3.66	3.66	1	3.66
Maestro Mayor EO C1	1	4.06	4.06	1	4.06
Total mano de obra (N):					11.34

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio Unitario B	Costo C=AxB
Cemento Portland	saco	7.21	7.7	55.52
Polvo de piedra	m ³	0.37	7.5	2.76
Ripio Triturado	m ³	0.76	10	7.63
Agua	m ³	0.21	3	0.62
Total materiales (O):				66.53

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=AxB
Total				0

Total Costo Directo (M+N+O) 83.44
 Indirectos y utilidades (0%) 0.00

Otros Indirectos (%)	0.00
Costo Total del Rubro	83.44
Valor Unitario	83.44

8.27. Anexo 27. Análisis de Precios Unitarios para un hormigón f'c = 28 MPa con sustitución de 7% de CPO por polvo de CW.

Rubro: 2 Unidad: m³
 Detalle: Hormigón f'c = 28 MPa con 7% de reemplazo de CPO por polvo de CW.

Equipos

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C=AxB	Rendimiento (h/m ³) R	Costo D=CxR
Herramienta Menor (5% de M.O)					0.57
Concretera (1 saco)	1	5.00	5.00	1	5.00
Total equipo (M):					5.57

Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Jornal/HR B	Costo Hora C=AxB	Rendimiento R	Costo D=CxR
Peón EO E2	1	3.62	3.62	1	3.62
Albañil EO D2	1	3.66	3.66	1	3.66
Maestro Mayor EO C1	1	4.06	4.06	1	4.06
Total mano de obra (N):					11.34

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio Unitario B	Costo C=AxB
Cemento Portland	saco	7.09	7.7	54.57
Polvo de CW	kg	0.53	0.031	0.02
Polvo de piedra	m ³	0.37	7.5	2.74
Ripio Triturado	m ³	0.76	10	7.59
Agua	m ³	0.20	3	0.59
Total materiales (O):				65.51

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad A	Tarifa B	Costo C=AxB
			Total	0
			Total Costo Directo (M+N+O)	82.41
			Indirectos y utilidades (0%)	0.00
			Otros Indirectos (%)	0.00
			Costo Total del Rubro	82.41
			Valor Unitario	82.41

8.28. Anexo 28. Evidencias fotográficas del proceso de elaboración del hormigón y ensayos realizados.

Fotografía 1. Lugar donde se procedió a triturar el material.



Fuente: Vallejo G.

Fotografía 2. Residuo cerámico de pasta roja (cerámica).



Fuente: Vallejo G.

Fotografía 3. Traslado de material hacia máquina de triturado.



Fuente: Vallejo G.

Fotografía 4. Trituración de material.



Fuente: Vallejo G.

Fotografía 5. Tamizaje de agregado grueso.



Fuente: Vallejo G.

Fotografía 6. Ensayo de densidad óptima de agregados.



Fuente: Vallejo G.

Fotografía 7. Materiales y equipos empleados para diseño de mezcla.



Fuente: Vallejo G.

Fotografía 8. Elaboración de mezcla de hormigón simple.



Fuente: Vallejo G.

Fotografía 9. Toma de asentamiento mediante cono de Abrams



Fuente: Vallejo G.

Fotografía 10. Tamizaje para la obtención de polvo de residuos cerámicos.



Fuente: Vallejo G.

Fotografía 11. Polvo de residuos cerámicos empleado como sustituto del cemento.



Fuente: Vallejo G.

Fotografía 12. Toma de probetas cilíndricas.



Fuente: Vallejo G.

Fotografía 13. Cilindros en piscina de curado



Fuente: Vallejo G.