



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA

**CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL HORMIGÓN
TRADICIONAL Y HORMIGÓN CON CENIZA VOLCÁNICA Y
FIBRA DE VIDRIO.**

TUTOR

ING. KAREN STEPHANIE CANSIONG GUERRA

AUTORES

DONNY DUMAR INTRIAGO PITA

BORIS ADRIÁN QUIROZ MENDOZA

GUAYAQUIL

2022

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO:

Características mecánicas del hormigón tradicional y hormigón con ceniza volcánica y fibra de vidrio.

AUTOR/ES:

Intriago Pita, Donny Dumar
Quiroz Mendoza, Boris Adrián

REVISORES O TUTORES:

Ing. Cansiong Guerra, Karen Stephanie

INSTITUCIÓN:

Universidad Laica Vicente
Rocafuerte de Guayaquil

Grado obtenido:

Tercer Nivel

FACULTAD:

INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN

CARRERA:

INGENIERÍA CIVIL

FECHA DE PUBLICACIÓN:

2022

N. DE PAGS:

80

ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción.

PALABRAS CLAVE: Hormigón, ceniza, puzolana, fibra de vidrio, agregado, resistencia, compresión.

RESUMEN:

El hormigón que se utiliza en la actualidad contiene un conglomerado de rocas, pero con una gran diferencia, las partículas de grava y arena que se emplean evitan que se genere una reacción que cause fracturas en el hormigón y a su vez deben de estar en óptimas condiciones para su uso.

En el presente trabajo de investigación a realizar se pretende evaluar un análisis

de todas las propiedades mecánicas y del concreto modificado con ceniza volcánica y fibra de vidrio a diferencia de las características que se presentan en un concreto tradicional, para así poder evidenciar tanto las ventajas y las desventajas de este material frente a algunos aspectos importantes en el mercado de la construcción como son la resistencia a la compresión, calidad del concreto y reacción frente a elementos que conllevan su aleación.

La aplicación y uso de este concreto va a depender de que tan competitivo sea el producto en base a resistencia de la trabajabilidad del mismo y el costo que puedan ofrecer los hormigones tradicionales.

N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		
ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR/ES: Intriago Pita, Donny Dumar Quiroz Mendoza, Boris Adrián	Teléfono: 0978679720 0983161576	E-mail: dintriagop@ulvr.edu bquirozm@ulvr.edu.ec
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Mg. Milton Gabriel Andrade Laborde. Teléfono: 042596500 Ext. 210 E-mail: mandradel@ulvr.edu.ec Mg. Luis Almeida Vargas Teléfono: 042596500 Ext. 242 E-mail: lalmeidava@ulvr.edu.ec	

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD ACADÉMICA

TEMA: CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL HORMIGÓN TRADICIONAL Y HORMIGÓN CON CENIZA VOLCÁNICA Y FIBRA DE VIDRIO

NOMBRE: DONNY DUMAR INTRIAGO PITA y BORIS ADRIÁN QUIROZ MENDOZA

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL HORMIGÓN TRADICIONAL Y HORMIGÓN CON CENIZA VOLCÁNICA Y FIBRA DE VIDRIO

INFORME DE ORIGINALIDAD

5% INDICE DE SIMILITUD	5% FUENTES DE INTERNET	0% PUBLICACIONES	2% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
----------------------------------	----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

1	docslide.us Fuente de Internet	1%
2	www.fesc.edu.co Fuente de Internet	1%
3	www.scpm.gob.ec Fuente de Internet	1%
4	www.feandalucia.ccoo.es Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante	1%
6	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	1%
7	vbook.pub Fuente de Internet	1%

Atentamente,



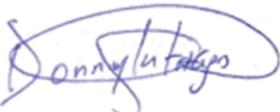
**ING. KAREN CANSIONG
GUERRA, MSC.
PROFESOR TUTOR**

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados Intriago Pita, Donny Dumar y Quiroz Mendoza, Boris Adrián, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación ‘Características mecánicas del hormigón tradicional y hormigón con ceniza volcánica y fibra de vidrio’, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autores

Firma: 

DONNY DUMAR, INTRIAGO PITA

C.I. 0929154029

Firma: 

BORIS ADRIÁN, QUIROZ MENDOZA

C.I. 1311739807

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación Características mecánicas del hormigón tradicional y hormigón con ceniza volcánica y fibra de vidrio, designado por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria Y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: Investigación Características mecánicas del hormigón tradicional y hormigón con ceniza volcánica y fibra de vidrio, presentado por los estudiantes Intriago Pita, Donny Dumar y Quiroz Mendoza, Boris Adrián, como requisito previo, para optar al Título de Ingeniero Civil, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:



KAREN STEPHANIE CANSIONG GUERRA

C.C. 0925425357

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, un enorme agradecimiento a Dios todo poderoso por la salud y las bendiciones que me brinda a diario para ser día a día una mejor persona y profesional.

A mis padres, Dumar y Glenda, por todo el apoyo que me han brindado en mi vida personal y académica, y a su vez han sido mi pilar fundamental en todos los objetivos que me he propuesto.

A mis hermanos, Lisseth y Danny, por todo el apoyo y cariño que me han brindado a lo largo de mi vida.

A mi nana, Juanita porque después de mi madre, ella estuvo atenta a mis cuidados desde mi niñez y todavía está presente en mi vida.

A mis abuelas, Rosa y Margarita, por todo el afecto que siempre me dieron y cuidaron de mí desde mi infancia.

A mis tutores Ing. Karen Cansiong Guerra e Ing. Alexis Valle, por la guía que me han mostrado en este proyecto y último paso para ser profesional.

Donny Intriago Pita

AGRADECIMIENTO

A Dios, por bendecirme cada día de mi vida, en momentos buenos y aún más en los malos.

A mis padres Denis, Mercy, Jorge y Francisca por su apoyo en cada etapa de mi vida.

A todos mis hermanos por tenerme siempre presente y brindarme su aliento.

A mi tutora, Ing. Karen Cansiong Guerra por su ayuda y compromiso brindado en mi tesis y al Ing. Alexis Wladimir Valle por todo el apoyo incondicional a lo largo de mi carrera universitaria.

Boris Quiroz Mendoza

DEDICATORIA

Le deseo dedicar este proyecto a mis padres, Dumar y Glenda, porque ellos han sido las dos personas más importantes que he tenido en mi vida para llegar hasta esta etapa de mi vida.

A su vez, también deseo dedicar este trabajo a todos mis familiares que han creído en mí y han estado ahí dándome apoyo en algún momento de mi vida.

Donny Intriago Pita

DEDICATORIA

A mis dos madres Mercy Mendoza y Francisca Cortez por creer en mí y apoyarme desde el primer día en el que decidí estudiar esta carrera.

Boris Quiroz Mendoza

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
1. CAPÍTULO I.....	2
1.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.1.1. Tema:.....	2
1.1.2. Planteamiento del Problema:	2
1.1.3. Formulación del Problema:.....	2
1.1.4. Objetivo General	3
1.1.5. Objetivos Específicos.....	3
1.1.6. Idea a Defender / Hipótesis	3
2. CAPÍTULO II	4
2.1. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1.1. Antecedentes	4
2.1.2. Hormigón.....	8
2.1.3. Componentes del hormigón y ensayos a sus agregados	9
2.1.3.1. Cemento.....	9
2.1.3.1.1. Componentes del cemento.....	10
2.1.3.2. Agua	11
2.1.3.3. Áridos	11
2.1.4. Características generales del hormigón.....	13
2.1.5. Clasificación del hormigón	13
2.1.6. Propiedades del hormigón.....	16
2.1.7. Propiedades mecánicas.....	17
2.1.7.1. Resistencia a compresión.....	17
2.1.7.2. Resistencia a tracción.....	19
2.1.8. La ceniza volcánica	20
2.1.8.1. Concreto con ceniza volcánica	22
2.1.8.2. Usos de la ceniza volcánica en obras civiles.....	23
2.1.8.3. Efectos que se pueden encontrar al añadir la ceniza volcánica al mortero de cemento	24
2.1.9. Fibra de vidrio	24
2.1.9.1. Características de los conductos de la fibra de vidrio.	25
2.1.9.2. Ventajas de la adición de la fibra de vidrio en porcentajes bajos.....	26
2.1.9.3. Fibra de Vidrio en el concreto.	27
2.1.10. Puzolana	28
2.1.11. Grava	29
2.1.12. Agregado ligero	29
2.1.13. Cemento portland	30
2.2. MARCO LEGAL.....	30
2.2.1. Reglamento del Régimen Especial para el libre aprovechamiento de Materiales de Construcción para la Obra Pública.....	31

2.2.2.	Norma Ecuatoriana de la Construcción	31
2.2.3.	Métodos de diseño	32
2.2.3.1.	Generalidades.....	32
2.2.4.	Normas Ecuatorianas de la Construcción	32
2.2.5.	Normas extranjeras usadas para la norma NEC-SE- HA de las NECs	33
2.2.6.	Normas que deben cumplir los materiales de construcción	33
2.2.6.1.	Requisitos de resistencia.....	34
2.2.7.	Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1855-1	34
2.2.7.1.	Muestreo y ensayo del hormigón fresco.	34
2.2.7.2.	Prácticas, métodos de ensayo en informes.	35
3.	CAPÍTULO III	37
3.1.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	37
3.1.1.	Enfoque de la investigación.	37
3.1.2.	Alcance de la investigación.	37
3.1.3.	Técnica e instrumentos para obtener los datos.	38
3.1.3.1.	Instrumentos	39
3.1.4.	Población y Muestra	39
3.1.4.1.	Población.....	39
3.1.4.2.	Muestra	40
3.1.5.	Presentación y análisis de resultados	41
3.1.5.1.	Con respecto al primer objetivo específico.	41
3.1.5.2.	Con respecto al segundo objetivo específico.....	46
3.1.5.2.1.	Ventajas.....	46
3.1.5.2.2.	Desventajas	46
3.1.5.3.	Con respecto al tercer objetivo específico.....	48
4.	CONCLUSIONES.....	55
5.	RECOMENDACIONES	58
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59

INDICE DE TABLAS

TABLA 1.- LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL/FACULTAD.	3
TABLA 2.- COMPUESTOS DEL CEMENTO	10
TABLA 3.- PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA CENIZA VOLCÁNICA.	22
TABLA 4.- COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CENIZA VOLCÁNICA.....	22
TABLA 5.- PROPIEDADES DE LA FIBRA DE VIDRIO	27
TABLA 6.- COMPONENTES DE LA FIBRA DE VIDRIO ÁLCALI – RESISTENTE (AR).	27
TABLA 7.- INSTRUMENTOS	39
TABLA 8.- POBLACIÓN	40
TABLA 9.- MUESTRAS UTILIZADAS.....	41
TABLA 10.- MÉTODO: IMPLEMENTAR EN EL HORMIGÓN TRADICIONAL LA CENIZA VOLCÁNICA Y LA FIBRA DE VIDRIO.	41
TABLA 11.- DISEÑO DE HORMIGÓN PARA 1 SACO DE CEMENTO DE 50KG....	48
TABLA 12.- PROPIEDADES DE LA MUESTRA DEL CILINDRO.....	48
TABLA 13.- RESULTADOS DE ENSAYOS A COMPRESIÓN CON MUESTRA AL 4% DE CENIZA VOLCÁNICA Y 1% DE FIBRA DE VIDRIO.	50
TABLA 14.- RESULTADOS DE ENSAYOS A COMPRESIÓN CON MUESTRA AL 10% DE CENIZA VOLCÁNICA Y 1% DE FIBRA DE VIDRIO.	52
TABLA 15.- RESULTADOS DE ENSAYOS A COMPRESIÓN CON MUESTRA AL 20% DE CENIZA VOLCÁNICA Y 1% DE FIBRA DE VIDRIO.	53

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.-	HORMIGÓN.....	9
FIGURA 2.-	CEMENTO	10
FIGURA 3.-	AGREGADO GRUESO.....	12
FIGURA 4.-	AGREGADO FINO	12
FIGURA 5.-	RESISTENCIA A COMPRESIÓN	19
FIGURA 6.-	RESISTENCIA A TRACCIÓN DEL HORMIGÓN DE CEMENTO....	20
FIGURA 7.-	CENIZA VOLCÁNICA.....	21
FIGURA 8.-	CENIZA VOLCÁNICA DISPERSA EN LA FLORA.....	21
FIGURA 9.-	BLOQUE CON CENIZAS DE VOLCÁNICA	24
FIGURA 10.-	FIBRA DE VIDRIO.....	25
FIGURA 11.-	CONCRETO CON FIBRA DE VIDRIO	28
FIGURA 12.-	PIEDRA 3/8.....	43
FIGURA 13.-	ARENA UTILIZADA PARA LA RESPECTIVA MUESTRA.....	43
FIGURA 14.-	CEMENTO UTILIZADO PARA LA RESPECTIVA MUESTRA....	44
FIGURA 15.-	MEZCLA PARA LAS MUESTRAS DE HORMIGÓN CON CENIZA VOLCÁNICA Y FIBRA DE VIDRIO.....	44
FIGURA 16.-	PROCESO PARA LA RESPECTIVA FUNDICIÓN DE LAS MUESTRAS.	45
FIGURA 17.-	MUESTRAS PREPARADAS DE HORMIGÓN CON CENIZA VOLCÁNICA Y FIBRA DE VIDRIO.....	45
FIGURA 18.-	MASA DE LA RESPECTIVA MUESTRA DE HORMIGÓN CON CENIZA VOLCÁNICA Y FIBRA DE VIDRIO.....	49
FIGURA 19.-	PRUEBA DE COMPRESIÓN EN LA MÁQUINA UNIVERSAL DE LA RESPECTIVA MUESTRA DE HORMIGÓN CON CENIZA VOLCÁNICA Y FIBRA DE VIDRIO.....	49

FIGURA 20.-	ROTURA DE LA RESPECTIVA MUESTRA DE HORMIGÓN CON CENIZA VOLCÁNICA Y FIBRA DE VIDRIO.	50
FIGURA 21.-	CARGA DE ROTURA AL 4% DE CENIZA VOLCÁNICA Y 1% DE FIBRA DE VIDRIO.....	51
FIGURA 22.-	RESISTENCIA DE LA MUESTRA AL 4% DE CENIZA VOLCÁNICA Y 1% DE FIBRA DE VIDRIO.	51
FIGURA 23.-	CARGA DE ROTURA AL 10% DE CENIZA VOLCÁNICA Y 1% DE FIBRA DE VIDRIO.	52
FIGURA 24.-	RESISTENCIA DE LA MUESTRA AL 10% DE CENIZA VOLCÁNICA Y 1% DE FIBRA DE VIDRIO.	53
FIGURA 25.-	CARGA DE ROTURA AL 20% DE CENIZA VOLCÁNICA Y 1% DE FIBRA DE VIDRIO.	54
FIGURA 26.-	RESISTENCIA DE LA MUESTRA AL 20% DE CENIZA VOLCÁNICA Y 1% DE FIBRA DE VIDRIO.	54

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1.- RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE ROTURA DEL HORMIGÓN TRADICIONAL CON RESISTENCIA 210 KG/CM2	61
ANEXO 2.- RESULTADOS ÓPTIMOS OBTENIDOS EN LAS PRUEBAS DE LABORATORIO.	62
ANEXO 3.- FOTO CON EL ING. FRANKLIN BARROS. COORDINADOR DE LABORATORIO DE SUELOS DE LA UEES.....	63
ANEXO 4.- CERTIFICADOS OTORGADOS POR EL ING. FRANKLIN BARROS COMO CONSTANCIA DE LAS MUESTRAS REALIZADAS EN EL LABORATORIO DE LA UEES.....	64

INTRODUCCIÓN

El hormigón es uno de los materiales más utilizados en Ecuador y el mundo que ha brindado oportunidades de desarrollo a todos los países, el cual brinda un adecuado desempeño a la compresión; no obstante, es un material frágil con un pobre comportamiento a las propiedades de tracción y flexión.

El hormigón es un material universal, que tiene su origen a finales de la república romana, aunque ciertas investigaciones arqueológicas datan su origen en la época de las Pirámides de Giza (3000-2500 AC). Durante los siglos posteriores, los avances fueron escasos hasta el punto de que solo llegó a producirse un mortero débil hecho únicamente de cal y arena. A principios de la edad moderna se presentó una disminución general en la calidad y la crisis llegó al punto, de acabar con la fabricación y el uso del cemento.

Es fundamental el seguimiento de los aportes de este material, es por lo que el propósito de esta investigación fue analizar los ensayos y estudios que se han realizado con el hormigón tradicional el cual es compuesto por el cemento, arena, material pétreo y agua con el uso de materiales en la mezcla como la ceniza volcánica y la fibra de vidrio.

El propósito de este trabajo se basará en que los estudios realizados determinen las características de las fibras de vidrio y ceniza volcánica con la mezcla de concreto ya que puede mejorar la resistencia a la tracción, flexión y puede disminuir el agrietamiento aportando valor a las diferentes estructuras a realizar, esto puede conllevar y concluye que dichos elementos estructurales tienen comprobación por diferentes medios científicos para ser usados en las diferentes obras de construcción aportando un valor agregado a sus elementos estructurales para su vida útil

1. CAPÍTULO I

1.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.1. Tema:

Características mecánicas del hormigón tradicional y hormigón con ceniza volcánica y fibra de vidrio.

1.1.2. Planteamiento del Problema:

A pesar de ser uno de los materiales más resistentes del planeta, el hormigón es susceptible de agrietarse. Estas grietas pueden arruinar el aspecto estético del hormigón; mientras más grande sea la grieta puede traer como consecuencia la inestabilidad de la estructura.

Una de las principales desventajas del hormigón es que puede agrietarse con bastante facilidad. Algunos motivos que provoca el agrietamiento del hormigón incluyen el encogimiento por secado, la sedimentación de la subrasante, la contracción térmica y la cantidad de cargas aplicadas.

El hormigón se agrieta cuando su resistencia a la tracción es superada por las tensiones netas inducidas en su matriz. Es decir, el hormigón se agrieta cuando experimenta más tensión de la que puede soportar.

En base a esta problemática es necesario buscar nuevos materiales de construcción que proporcionen una solución a este agrietamiento; motivo por el cual se estudiaron los efectos que proporcionan la adición de la ceniza volcánica y fibra de vidrio al hormigón.

1.1.3. Formulación del Problema:

¿Cómo incide en la mezcla la ceniza volcánica y la fibra de vidrio en la resistencia del hormigón?

1.1.4. Objetivo General

Analizar las propiedades mecánicas del hormigón añadiendo la ceniza volcánica y la fibra de vidrio.

1.1.5. Objetivos Específicos

- Implementar en el hormigón tradicional la ceniza volcánica y la fibra de vidrio.
- Determinar las ventajas y desventajas del hormigón con la implementación de la ceniza volcánica y la fibra de vidrio.
- Analizar la resistencia a compresión del hormigón con los diferentes porcentajes de la ceniza volcánica y la fibra de vidrio.

1.1.6. Idea a Defender / Hipótesis

El análisis de las características mecánicas del el hormigón tradicional y el hormigón compuesto con ceniza volcánica y fibra de vidrio es resaltar las ventajas de la resistencia del mismo. Mediante un análisis de proceso que permitirá evaluar los resultados a obtener.

Tabla 1.- Línea de Investigación Institucional/Facultad.

ULVR	LINEA DE INVESTIGACIÓN		
	FIIC		SUBLÍNEA
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables	1.- Materiales de construcción.	de	A.- Materiales innovadores para la construcción.

Fuente: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.

Elaborado por: Intriago, D. y Quiroz, B. (2022)

2. CAPÍTULO II

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Antecedentes

Pacheco y Choez (2022), llevaron a cabo una investigación que tuvo como objetivo diseñar una mezcla asfáltica con arena volcánica, ceniza del bagazo de la caña de azúcar y hormigón asfáltico reciclado. La metodología aplicada fue cuantitativa, se realizó una extensa recopilación de datos (ensayos respectivos para el diseño de la mezcla asfáltica) y magnitudes numéricas entre las cuales se pudo determinar la estabilidad y el flujo y sus proporciones adecuadas para considerarlo como parte del diseño asfáltico fue de tipo experimental científica.

Se llegó a la conclusión que las particularidades mecánicas de las mezclas asfáltica con la arena volcánica, ceniza de bagazo de la caña de azúcar y hormigón asfáltico reciclado, en la primera mezcla no cumplió con lo requerido ya que su granulometría no estuvo dentro de los parámetros permitidos así como su estabilidad es inferior al mínimo requerido y el porcentaje de asfalto es alto 6.7 %, la segunda mezcla tampoco cumple en su granulometría en la parte fina esta fuera de los parámetros requeridos y la tercera mezcla si cumple con lo requerido su granulometría están en línea de los parámetros requeridos porque su estabilidad es de 2343 y el porcentaje de asfalto es 6,4%.

De acuerdo con Pérez y Pullas (2022), en su proyecto de investigación tuvo como objetivo elaborar y mejorar la resistencia del adoquín dándole un elevado nivel por medio de un diseño de hormigón de alta resistencia utilizando la arena volcánica, fibra de acero y PET como agregados. La metodología aplicada en esta investigación fue deductiva de tipo exploratorio con enfoque cuantitativo en donde se realizaron los ensayos respectivos adicionando la arena volcánica y la

fibra de acero. Las técnicas aplicadas fueron ensayos correspondientes de laboratorio: Ensayo de resistencia. La población estuvo constituida por la cantidad de probetas y adoquines elaborados con hormigón hidráulico, mientras que la muestra es una porción estadística de una población con características homogéneas similares esta muestra para la cual se proporcionan las herramientas de recopilación de información, para la muestra son los adoquines y probetas de hormigón hidráulico.

Se llegó a la conclusión, que la dosificación de una mezcla de hormigón hidráulico para un adoquín vehicular de alta resistencia es: piedra (35,54 Kg), arena (23,07 Kg), cemento (19,14 Kg), agua (7,66 Kg). Al construir un prototipo de adoquín con una mezcla de hormigón hidráulico con arena volcánica, fibra de acero y PET. La resistencia más alta fue de 186 Kg/c². En fin, las propiedades mecánicas de un adoquín de hormigón hidráulico adicionando arena volcánica, fibra de acero y PET no cumple con la norma INEN 1488.

Barrientos (2020), explica en su investigación que el hormigón es uno del material mayormente utilizados y ofrece oportunidad de progreso para el mundo, siendo necesario rastrear el aporte del producto, con el fin de analizar y comparar los experimentos y estudios que se han realizado. La metodología implementada fue descriptiva con la ayuda de revisión bibliográfica de bases de información con Scopus. Se llevó a los resultados que las investigaciones realizadas estuvieron prometedoras al combinar fibras con mezclas de hormigón ya que mejoran la resistencia a la tracción y reducen el agrietamiento, agregando valor a las diversas estructuras que se utilizan.

Se concluyó que estas características estructurales han sido verificadas por diverso medio científico para su uso en diversas obras civiles, agregando valor a los componentes de la parte estructural en su vida productiva.

Por su parte, la investigación de Chávez (2021), estuvo centrada en el fallo de los elementos constructivos, tras el hecho de que no se van a ensayar todos los áridos, ni como establece el NTP, intentando que la contaminación ambiental minimice mediante el uso de vidrio triturado reciclable. El propósito de este proyecto fue evaluar las características mecánicas de bloques de concreto tipo P con vidrio triturado. Metodológicamente la investigación fue tecnológicamente aplicada, con enfoque cuantitativo y diseño experimental.

Se obtuvo como resultado que el vidrio triturado, redujo en absorción un 3%, 7%, 15% y 20%, en succión redujeron el 12%, 22%, 27% y 36%. Sin embargo la resistencia a la compresión simple a veintiocho días se elevó a 3%, 8%, 16% y 19%, mientras que la resistencia a la compresión axial en pilas incremento el 7%, 13%, 29% y 35% y finalmente la compresión diagonal de muretes aumento un 12%, 20%, 24% y 31%, referente al modelo patrón. Se concluyó que los materiales reciclados combinados afectaron efectivamente las características mecánicas del bloque de concreto tipo P.

Para Cristóbal (2021), su estudio tuvo como problema general determinar los resultados de un análisis comparativo de la combinación de perlas de vidrio con virutas de acero en concreto $f'_c=175 \text{ kg/cm}^2$ para su uso en aceras peatonales, el objetivo fue determinar los resultados de un análisis comparativo de la incorporación de vidrio granulado versus virutas de acero en concreto $f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$ para uso en aceras para caminar. La premisa general de la oposición es: una mezcla de perlas de vidrio versus virutas de acero en concreto $f'_c = 175$

kg/cm² para uso peatonal, en mejorar la resistencia del concreto. El enfoque metodológico fue el científico, tipo aplicada, descriptivo explicativa y de diseño cuasi experimental, la población estuvo constituida por cuarenta controles con diferentes dosis, mientras que la muestra fue censal será del 100% de la población.

Se llegó a la conclusión que la incorporación de 2% de vidrio mejora las características del hormigón en cuanto a la resistencia de 277.61 kg/cm², superando en 58.63% al diseño a $f'c = 175\text{kg/cm}^2$. Mientras que el 10 % de virutas de acero reduce la resistencia en un 3,13 %, de manera similar, el costo de agregar perlas de vidrio es más económico que el de las virutas de acero.

Como aporta Martínez et al. (2019), en su investigación que llevó como título “Reforzamiento de vigas de hormigón armado empleando barras de polímeros reforzados con fibras de vidrio (PRFV)”, donde el uso de FRP como refuerzo estructural fue una opción viable para certificar una excelente resistencia y durabilidad de las construcciones expuestas a ambientes hostiles. Para tal efecto, se propuso reforzar las vigas de hormigón armado existentes en la Zona 2 del Edificio Regis, ubicado en la intersección de Prado y Colón en La Habana, utilizando varillas de Fibra de Vidrio Reforzada con Polímero (PRFV), dando lugar al diseño en el análisis modelo de Acero de Refuerzo Híbrido - PRFV. Se utilizó y estudió un método de caso extremo basado en los fundamentos y requisitos de diseño especificados en los documentos ACI 440 1R-15 y ACI 440 2R-08, proponiendo un método para calcular su desempeño, notando el efecto de este refuerzo en estructuras expuestas a la intemperie.

Se pudo obtener como conclusión que el simple refuerzo de vigas de hormigón armado existentes sujetas a flexión, con la adición de refuerzo

longitudinal por PRFV, puede certificar una mayor resistencia, capacidad de servicio y durabilidad del miembro respectivo.

Faría et al. (2018), realizó una investigación titulada “Estructuras de hormigón armado con barras de Polímero Reforzado con Fibras de Vidrio (PRFV)”. Las barras de polímero reforzado con fibras no metálicas (FRP) se utilizaron como refuerzo para estructuras de hormigón, en lugar de acero con excelentes resultados, en cuanto a su comprobada estabilidad de resistencia a la corrosión. Esta investigación presentó actualmente los conocimientos sobre la conducta de la estructura de hormigón de PRFV (Polímero Reforzado con Vidrio) sometidas a diferentes cargas y requisitos ambientales. La literatura ha señalado que la alta resistencia y durabilidad que brindan las barras de PRFV encuentran un modo de falla y que un bajo módulo de elasticidad afecta el diseño y por ende la condición límite de uso, es la condición que rige el tamaño de los componentes.

2.1.2. Hormigón

Es un material que resulta al mezclar agregado grueso, fino, cemento y agua.

Sus propiedades tienen mucho que ver con las medidas de la calidad y las proporciones de los elementos de la mezcla, así como de las condiciones de humedad y el nivel de temperatura durante la producción. Para obtener los elementos especiales del hormigón se pueden agregar varios tipos de elementos tales como los aditivos químicos o componentes mecánicos, la cual pueden sustituir su versión básica por componentes con propiedades especiales (Gavilanes, 2016).

Igualmente se dice que el hormigón puede ser de tipo estructural y no estructural y el mismo es un material compuesto de cemento, agua y áridos (arena

y grava), y a veces también agregados ligeros. Según la composición, se obtienen hormigones de diferentes calidades. Cabe mencionar que el hormigón es uno de los materiales de construcción más usados a nivel mundial para las construcciones.



Nota: Preparación de hormigones.

Figura 1.- Hormigón.

Fuente: Megarok (2022).

2.1.3. Componentes del hormigón y ensayos a sus agregados

2.1.3.1. Cemento

Es un polvo gris muy fino de la clase de sustancias conocidas como aglomerados hidráulicos. Las sustancias que se endurecen cuando se mezclan con agua y al mismo tiempo resisten. Este tipo de composición de agua y cemento es el ingrediente activo del bloque de hormigón y por lo tanto, es responsable de su resistencia, durabilidad del hormigón y las variaciones volumétricas (González, 2018).

Es decir, este elemento, es un material pulverizado que se mezcla con agua y arena para formar una pasta utilizada en la construcción. La pasta se endurece y se usa como un material de relleno y adhesivo. El cemento se produce a partir de caliza, arcilla y yeso.



Figura 2.- Cemento

Fuente: Ferreteriaunionpty.com (2022).

2.1.3.1.1. Componentes del cemento

Según Llanos (2019), define los principales componentes, tales como: cal, silicio, aluminio, y oxido férrico. Estos materiales activos se mezclan en proporciones adecuadas y se somete a fusión en horno rotatorio, donde tiene una pasta que, al enfriarse, se convierte en escamas oscuras, se acumula y solidifica, produciendo clinker. Luego se introduce en molinos de tubos equipados con bolas de acero donde se agrega un 3% de yeso para establecer el tiempo de fraguado requerido para que sea en el resultado final, el polvo fino.

Tabla 2.- Compuestos del cemento

Nombre	Abreviatura
Silicato Tricálcico	C3S
Silicato Dicálcico	C2S
Aluminato Tricálcico	C3A
Ferroaluminato Tetracálcico	C4AF

Fuente: Cetesa.com, (2022).

2.1.3.2. Agua

El agua es un compuesto químico que se forma cuando dos átomos de hidrógeno se unen a un átomo de oxígeno. La misma es la sustancia más abundante en la Tierra y es esencial para la vida.

En cuanto al tema el agua es el segundo componente del hormigón, se emplea en la mezcla y curado del mismo, también participa en las reacciones del agua y proporciona la operatividad necesaria al hormigón para un correcto funcionamiento. Según la necesidad se pueden utilizar diferentes tipos de agua, agua natural, agua de lluvia, aguas minerales o agua de superficie o subterránea (Llanos, 2019).

2.1.3.3. Áridos

Los áridos o agregados desempeñan un rol relevante en la característica del hormigón, el ochenta por ciento del volumen del hormigón aproximadamente se ocupa con áridos, siendo el restante la pasta cemento.

Los áridos se pueden clasificar en:

- Agregado grueso: se obtiene de la integración natural de las rocas, se puede conocer porque es retenido en el tamiz N4 (4.75mm) y que a su vez cumpla con los límites establecidos de la norma ASTM C-33. Puede tener una forma angular, semiangular y redonda, con una textura rugosa, la función principal del agregado grueso es la de proporcionar resistencia al hormigón. Las partículas del agregado grueso deben estar libre de tierra, limo, escamas, humus, materia orgánica, polvo u otras sustancias que pueden afectar en la resistencia del hormigón.



Figura 3.- Agregado grueso

Fuente: Grupo Gransa (2022).

- Agregado fino: son los gránulos que pasan por un tamiz de 3/8” y se mantienen en una malla de 200 N. El agregado fino más común es la arena, que es producto de la fracturación de rocas. El agregado fino se usa como relleno y también actúa como un lubricante en el agregado grueso, haciendo que el concreto sea trabajable (Llanos, 2019).



Figura 4.- Agregado fino

Fuente: Masterlogistica (2022).

En resumen los áridos son materiales de origen natural que provienen de la trituración de rocas como el granito, la pizarra, la caliza, entre otras, y que han sido sometidas a un proceso de selección por tamaños en las cuales se obtienen partículas de juego de arena de una granulometría muy fina.

2.1.4. Características generales del hormigón

Para Coronel (2016), las principales características del hormigón son:

- Resistencia a la compresión, pero tiene baja resistencia a la tracción.
- Buena resistencia a la fatiga.
- Bajo costo y capacidad para mejorar significativamente las propiedades mecánicas a menor costo.
- Buena dinámica.
- Soporta temperaturas de 300°C a 900°C, aunque sigue siendo objeto de estudio, investigación y tratamiento por parte de profesionales.
- Sin necesidad de mantenimiento.

De esta forma, es posible fabricar hormigones simples, hormigones circulares, hormigones armados u otros hormigones, ya que cumple determinadas funciones y dosificación utilizada es diferente. Otra propiedad relacionada es la resistencia a la compresión, es la capacidad mecánica de un material para soportar cargas axiales y unidireccionales, cuya mejor conducta se registra para el material y es eficaz cuando se puede utilizar eficazmente en texturas.

2.1.5. Clasificación del hormigón

Según Coronel (2016), clasifica los hormigones como:

- Por la densidad: El hormigón estructural se puede clasificar en cuanto a densidad de 1200 a 2000 kg/m³, normalmente de 2000 a 2800 kg/m³ y pesado, más de 2800 kg/m³.

- Según su composición:
 - A. Hormigón ordinario: formado por áridos de roca (natural y triturada) de curva de granularidad continua, con árido grueso y fino, en proporciones adecuadas.
 - B. Hormigón sin fino: un tipo de hormigón que es poroso y filtrable sin agregado fino o sus fracciones más pequeñas.
 - C. Hormigón ciclópeo: este hormigón al que se añade durante la colocación de áridos con un diámetro superior a 30 cm.
 - D. Hormigón unimodular: es el hormigón donde los áridos son de un solo tamaño, lo que da lugar a la formación de hormigones altamente porosos.
 - E. Hormigón ligero: este es de baja densidad y grueso (piedra pómez, escoria granular, arcilla expandida, etc.).
 - F. Hormigón pesado: está formado por ligantes de alta densidad. Se utiliza para estructuras o paredes para evitar la radiación y
 - G. Hormigón refractario: es resistente a altas temperaturas y además de su resistencia a la corrosión en caliente, está hecho de cemento de aluminato de calcio y agregados refractarios.
- Por su función de su Armado:
 - A. Hormigón en masa: es un programa de construcción, estructural o no, que usa concreto sin o con caparazón en cantidades y arreglos muy pequeños. Está modificado para soportar la presión.
 - B. Hormigón armado: es un programa estructural general para la edificación, donde se lleva agregado armadura metálica como pila

redonda de acero corrugado, tienen la misma fuerza de tracción y flexión.

- C.** Hormigón pretensado: este tipo de hormigón se somete a una gran fuerza, Las bases de refuerzo pueden sufrir estiramientos elásticos provocando la fractura del hormigón que la recubre. Para perfeccionar la resistencia de este a nivel fuerte de tracción, las barras de acero se pretensan para compensar el estiramiento que pueda experimentar.
- D.** Hormigón de Agregado ligero: se sustituyen los agregados tradicionales, cuyos tienen densidades aproximada de 2600 kg/m³ por mecanismos que tienen densidades muchas más bajas como la escoria del horno (1250 kg/m³) o poliestireno expandido (10 kg/m³).
- E.** Hormigón aireado, espumoso o gaseoso: se fabrica introduciendo aire, el cual adquiere porosidad en la mezcla en el momento de la instalación, obteniendo así el hormigón más ligero.
- F.** Hormigones livianos: son denominado hormigón livianos, es un hormigón que tiene sus propias características, gracias a sus métodos de fabricación que se han vuelto más ligeros que el cemento tradicional, la grava y el hormigón de arena utilizados como materiales base durante muchos años. área de construcción.
- G.** Hormigón estructural alivianado es un 25% o 35% más ligero que el hormigón tradicional, no pasa los 1840 kg/m³, usualmente se lo utiliza en construcciones con estructuras de acero, en estructuras de estacionamientos, muelles flotantes, puentes, buques entre otros, se puede emplear este tipo de hormigón en elementos prefabricados como vigas, paneles de hormigón, etc.

- Por su tipo de aplicación el hormigón liviano se clasifica en:
 - A. Hormigón de relleno: la densidad de este hormigón varía de 300 kg/m³ a 1000 kg/m³, es buen aislante térmico, baja resistencia por lo que no se utilizan elementos estructurales. Igualmente es una mezcla líquida destinada a unir la mampostería adyacente a la mampostería, y para llenar los huecos en el lugar, esto se llama mampostería armada, y el puente debe tener la fluidez requerida para obtener la mampostería completa.
 - B. Hormigón Aislante: utilizado frecuentemente en la construcción, sin afectar a la resistencia a compresión en favor de la inercia térmica, utilizado para aislamiento, el cual incrementa o reduce en relaciones inversa con la densidad de los materiales.

2.1.6. Propiedades del hormigón

Desde el punto de vista de Coronel (2016), explica que las propiedades básicas del hormigón, a saber, la densidad, la resistencia eléctrica y la conductividad térmica, pueden variar según el uso previsto del hormigón, clasificándose por densidad desde 1.200 kg/m³ hasta 2.400 kg/m³, en el caso especial del hormigón. Se pueden usar densidades más bajas. Los distintos tipos de hormigón con fibra de madera cumplen los requisitos de resistencia a las influencias ambientales, las termitas y el fuego.

La facilidad con que se deforma el hormigón fresco da una idea de su consistencia, y de los múltiples factores que provocan esta descomposición: la cantidad de agua de amasado, el grado de granularidad así como la composición y tamaño de los áridos. En la construcción, existen dos tipos básicos de materiales generalmente aceptados: los que pueden soportar y transportar cargas con mucha

seguridad y los que solo pueden soportar su propio peso y, en ocasiones, una parte de su propio peso. Pequeñas cargas adicionales sin seguridad, que antes se reconocía como material estructural (Coronel, 2016).

Considerando a Garófalo (2017), el hormigón por su naturaleza es un material heterogéneo, aniso trópico e inelástico, lo que complica su modelo numérico, en su composición tiene dos etapas bien definidas de importancia. De gran interés para los ingenieros estructurales: la fase de fraguado, que suele durar de una a seis horas, la fase de endurecimiento comienza al mismo tiempo que el fraguado y continúa en el tiempo mientras se mantengan las condiciones de humectación adecuadas.

Generalmente, en la construcción se reconocen dos tipos generales de materiales: los que soportan cargas y las transportan con gran seguridad y los que pueden soportar sólo su propio peso y en ocasiones una pequeña parte de la carga adicional sin su garantía. Muchas propiedades del concreto afectan en gran medida la composición y homogeneidad del material, debido a cambios físicos, térmicos y volumétricos.

2.1.7. Propiedades mecánicas.

2.1.7.1. Resistencia a compresión.

Es el esfuerzo al que está sometido un cuerpo por la aplicación de fuerzas que actúan en el mismo sentido y tienden a acortarlo. Es lo contrario a la tracción y hace que aproximen las diferentes partículas del material, produciendo acortamiento o aplastamiento. Se puede decir que la compresión es la resultante de las presiones que existe dentro de un sólido deformable. Se caracteriza porque tiene a una reducción de volumen o un acortamiento en una dirección.

Para calcular la compresión se formula la siguiente formula:

$$\delta = \frac{F \cdot L}{E \cdot A}$$

En el cual:

δ : Deformación expresada en cm

F: Fuerza de Tracción en kg

L: Longitud de la pieza en cm

E: Modulo de Elasticidad en kg/cm²

A: Sección Transversal expresado en cm².

Estructuralmente, es una de las propiedades mecánicas más relevante del hormigón. Está determinado por pruebas estándar en especímenes cilíndricos o cúbicos. La misma es la unidad de resistencia del producto. La resistencia a compresión del hormigón es una medida de la capacidad del hormigón para resistir a las fuerzas de compresión. Se mide en mega pascales (MPa) o en libras por pulgada cuadrada (psi). El hormigón normalmente se considera que tiene una resistencia a compresión de entre 10 y 40 MPa (Troyano, 2019).

Sin embargo, se dice que la resistencia a compresión del hormigón se ve afectada por muchos factores, tales como la calidad del cemento, la relación agua/cemento, el tamaño y la forma de los agregados, la temperatura y el tiempo de curado.



Figura 5.- Resistencia a compresión

Fuente: Cetesa.com, (2021).

2.1.7.2. Resistencia a tracción

Tomando en cuenta las afirmaciones de González (2018), los componentes estructurales corresponden en soportar su propio peso, fuerzas externas y otras cargas que les afecten. La fuerza que actúa sobre un objeto tiende a desfigurar el objeto, y la distorsión resultante dependerá en sentido, dirección y punto de acción donde se aplique la fuerza.

Es el esfuerzo al que está sometido un cuerpo por la aplicación de dos fuerzas que actúan en sentido opuesto y por lo tanto tienden a estirarlo. Se dice que las tensiones que tienen cualquier sección perpendicular a dichas fuerzas se consideran normales a esa sección, son de sentido opuestos a las fuerzas que pretenden alargar el cuerpo.

A continuación, se presenta la siguiente fórmula para calcular el alargamiento de la pieza:

$$\delta = \frac{F \cdot L}{E \cdot A}$$

En el cual:

δ: Alargamiento expresado en cm

F: Fuerza de Tracción en kg

L: Longitud de la pieza en cm

E: Modulo de Elasticidad en kg/cm²

A: Sección Transversal expresado en cm²



Nota: Ensayos a tracción del hormigón.

Figura 6.- Resistencia a tracción del hormigón de cemento

Fuente: Masqueingenieria.com (2020)

2.1.8. La ceniza volcánica

La ceniza volcánica es uno de los materiales de construcción más antiguos y fue utilizado por griegos y romanos con varios aglutinantes, incluida piedras y cal, en la Edad Media, se construyeron edificaciones como el Coliseo y el Panteón, en Roma, están hechas de materiales que incluyen puzolana, cal y piedra, la calidad de la construcción se deterioró por la falta de uso de tubos volcánicos. Este tipo de material está formado por elementos que surgen de la fragmentación de rocas durante las erupciones, que tienen un tamaño inferior a 2 mm. Este elemento siempre está en alta temperatura cuando está cerca del volcán, pero a medida que se aleja se enfría (Suarez, 2010).

En sí, la ceniza volcánica es un material compuesto por partículas finas de sílice y otros compuestos inorgánicos que se forman cuando la materia orgánica se

quema o se calienta hasta el punto de fusión. Es un material muy fino y puede permanecer suspendida en el aire durante largos periodos de tiempo.



Figura 7.- Ceniza volcánica.
Fuente: Seguridad Biológica (2013)



Nota: Ceniza de volcanes aledaños.

Figura 8.- Ceniza volcánica dispersa en la flora.
Fuente: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

A continuación, se nombra las propiedades físicas y química de la ceniza volcánica

Tabla 3.- Propiedades físicas y químicas de la ceniza volcánica.

Ph	7
Aspecto físico	Sólido
Forma	Granulado
Color	Rojizo – Gris- Negro
Punto de Fusión	800°C – 900°C
Punto de Inflamabilidad	No Inflamable
Olor	Inodora
Solubilidad en agua	Insoluble

Elaborado por: Intriago, D. y Quiroz, B. (2022).

Tabla 4.- Composición Química de la ceniza volcánica.

Elementos	Masa total (%)
Dióxido de silicio	65%
Oxido de calcio	5%
Oxido de potasio	3%
Oxido de férrico	4%
Otros óxidos	9%

Elaborado por: Intriago, D. y Quiroz, B (2022).

2.1.8.1. Concreto con ceniza volcánica

Este tipo de material tiene propiedades especiales que se transforman en un material ideal para construir ciertas estructuras y construcciones, igualmente donde que aplica para bajar la temperatura del agua, una separación más baja, una densidad más alta, un tiempo de fraguado más lento y una densidad más alta. De acuerdo a las propiedades que las cenizas volcánicas confieren a la mezcla de hormigón, se recomienda su adición en obras que impliquen el vertido de grandes

cantidades de hormigón, como presas, carreteras o cimentaciones (Santacruz y Wisum, 2021).

En conclusión la ceniza volcánica puede ser utilizada como un relleno para obras civiles, construcciones de autopista o edificios. También se puede utilizar como una capa de protección contra la erosión. También se puede mezclar con cemento para hacer una mezcla más resistente y duradera.

2.1.8.2. Usos de la ceniza volcánica en obras civiles.

De esta forma, el uso de esta ceniza en el hormigón ofrece una serie de ventajas que aún no se han empezado a descubrir, desde un punto de vista teórico y práctico, el uso de menos agua en la mezcla, y una menor concentración de calor en la absorción. En los cual, el uso como complemento demuestra ser una de las mejores formas de usarlo debido a sus múltiples ventajas considerando las condiciones específicas del concreto y su desempeño en la estructura general (Cárdenas, 2016; Shatarat, 2019).

En resumen, hay muchas maneras en que la ceniza volcánica puede ser utilizada en obras civiles. Puede ser mezclada con agua y utilizada como un relleno para hoyos o grietas, o como una capa de protección contra la erosión. También se puede utilizar como una capa de aislamiento térmico debajo de los edificios o como una capa protectora contra el fuego. En algunos lugares, la ceniza volcánica se utiliza como una fuente de abono natural para los campos agrícolas.



Nota: Bloques prefabricados.

Figura 9.- Bloque con cenizas de volcánica

Fuente: Portugal (2020)

2.1.8.3. Efectos que se pueden encontrar al añadir la ceniza volcánica al mortero de cemento

- Incrementa la ductilidad y adherencia del hormigón.
- Permite reducir la cantidad de cemento en la mezcla.
- Mayor tiempo de configuración inicial y final.
- Reduce el calor de hidratación del cemento, por lo que es menos propenso al agrietamiento por contracción.
- La resistencia inicial disminuye y la resistencia final aumenta.
- Baja porosidad, reduciendo así la exposición a factores externos.
- Incrementar la resistencia a la corrosión del acero.
- Mayor defensa a sulfatos y cloruros (Hermeza, 2019).

2.1.9. Fibra de vidrio

Es un material que consta de hilo de vidrio que se pueden utilizar para diversos fines tubos, tejidos y mallas. Tiene la ventaja de ser un material muy liviano, resistente, firme y es un excelente aislante térmico. Referente a la elaboración de la fibra de vidrio se maneja el vidrio líquido conseguido del horno

de fusión. Igualmente el vidrio fundido se presiona a través de orificios muy pequeños y, cuando las fibras se enfrían, se entrelazan para formar una tela o red de fibra de vidrio. Es importante tener en cuenta que la fibra de vidrio a menudo se combina con resinas para mejorar el material final, lo que da como resultado un material compuesto resistente y duradero (De Marco y Jiménez, 2021).

En este orden de idea de puede mencionar que la fibra de vidrio es un material compuesto a base de polvo de vidrio mezclado con una resina sintética, que se funde y se convierte en una fibra. Un material muy utilizado en la industria de la construcción y se usa para hacer aislamientos térmicos y acústicos, revestimientos para paredes y techos, así como para fabricar muebles y otros objetos.



Figura 10.- Fibra de vidrio

Fuente: Schmachtenberg & Steinstosser (2022).

2.1.9.1. Características de los conductos de la fibra de vidrio.

- Resistencia química: la resina es un material que ayuda a la resistencia de la erosión química y del campo ambiental. Es por ello que no se pudre ni se deteriora.

- **Peso ligero:** el peso específico del material hace que sea mucho más fácil de trasladar y ubicar. Además, reducen el peso de las estructuras de soporte.
- **Versatilidad:** Es un material que tiene diferentes tipos de filamentos; tamaño, modelos de fibra, etc. Estas particularidades ofrecen una variedad de posibilidades industriales y particulares.
- **Económico:** la fibra de vidrio dispone de grandes beneficios económica a diferencias de otro tejido de fibra natural y sintética (Párraga, 2020).

2.1.9.2. Ventajas de la adición de la fibra de vidrio en porcentajes bajos.

Para Párraga (2020), la adición en porcentajes bajos de fibra de vidrio a las mezclas de hormigones es más que suficiente para mejorar las características de este.

- La fibra de vidrio es un refuerzo para el concreto cuando su resistencia es poca o nula.
- La fibra de vidrio distribuye a toda la masa del hormigón las solicitaciones locales que pudieran producirse.
- Mejora la resistencia a la tracción y la flexión con éxito el refuerzo en algunos elementos no estructurales.
- La fibra de vidrio puede ayudar a disminuir el agrietamiento del hormigón por retracciones plásticas.

Referente a lo anterior se resumen que la fibra de vidrio es un material muy ligero, fuerte y resistente. Debido a estas características, se utiliza en una amplia variedad de productos, desde ropa y equipaje hasta automóviles y barcos. Aunque se utiliza en cantidades relativamente pequeñas, la fibra de vidrio tiene un gran impacto en la resistencia y la durabilidad de estos productos.

El alto contenido en óxido de zirconio le confiere una excelente resistencia a los compuestos alcalinos que se liberan durante la hidratación del hormigón.

Tabla 5.- Propiedades de la fibra de vidrio

Material	Fibra de vidrio
Densidad (Kg/m ³)	2680
Módulo de elasticidad (Gpa)	72
Resistencia a la tracción (Gpa)	3
Alargamiento a rotura (%)	3,6

Elaborado por: Intriago, D. y Quiroz, B. (2022).

Tabla 6.- Componentes de la fibra de vidrio Alkali – Resistente (AR).

Componentes	Fórmula	Porcentaje (%)
Sílice	SiO ₂	71%
Oxido de Circonio	ZrO ₂	16%
Oxido de Sodio	Na ₂ O	11%
Alúmina	Al ₂ O ₃	1%
Oxido de Litio	Li ₂ O	1%

Elaborado por: Intriago, D. y Quiroz, B. (2022).

2.1.9.3. Fibra de Vidrio en el concreto.

La fibra de vidrio es un material inorgánico, no inflamable, resistente a la tracción, que se produce en forma de filamentos extremadamente finos. Se puede incorporar al concreto durante su fabricación, para mejorar la resistencia a la ruptura del concreto. Mientras que el concreto reforzado con fibra de vidrio es

ideal para la construcción de caminos, puentes, rondas, rampas, muros de contención y estructuras de concreto de alta resistencia (Del rio, 2000).

Esta sustancia se utiliza como agente de refuerzo en otros materiales compuestos e incluye diferentes tipos, es un material agregado que se utiliza a menudo en la construcción. Se fabrica a partir de una mezcla de polímeros y fibras de vidrio, y se utiliza comúnmente como reforzar el hormigón. Sin embargo este material se mezcla con el concreto fresco antes de que se vuelva a endurecer, lo que ayuda a reforzar el concreto (Arangoy, 2013; Muñoz, 2007).

Por lo cual se puede definir que la fibra de vidrio es un material compuesto que se utiliza en una variedad de aplicaciones. También se utiliza en el refuerzo de materiales como el concreto y el plástico. Este material es una sustancia inorgánica, no combustible y resistente a la corrosión que se produce a partir de los átomos de silicio y oxígeno.



Nota: Concreto reforzado con fibras de vidrio.

Figura 11.- Concreto con fibra de vidrio

Fuente: Col.sika.com (2022).

2.1.10. Puzolana

Son roca volcánica de origen andesítico, compuesta principalmente por sílice y alúmina, con cantidades variables de calcio, magnesio, ferrita y óxidos de hierro. Es una mezcla de minerales que se encuentran en la naturaleza, que pueden

estar en un estado cristalino o amorfo. Este tipo de roca es una sustancia inorgánica que se utiliza para fabricar cementos. Existen dos tipos de cemento puzolánico: cemento puzolánico natural y cemento puzolánico artificial (Villaba, 2013).

2.1.11. Grava

Es un agregado grueso compuesto de concreto. En otras palabras, el hormigón debe ser de buena calidad para poder obtener un hormigón resistente y hermético para lograr los objetivos marcados (Coveña, 2020).

Igualmente la durabilidad de una hormigonera es una de las principales consideraciones a tener en cuenta cuando se trata de invertir en uno de estos dispositivos. La hormigonera debe estar construida de materiales resistentes que sean capaces de soportar el peso y la presión del hormigón. También debe tener una buena garantía para asegurarse de que estará protegido en caso de que el dispositivo no funcione correctamente.

2.1.12. Agregado ligero

Es aquel que tiene un peso volumétrico seco suelto como máximo ochocientos ochenta kg/m³, mientras que para el agregado normal las densidades oscilan entre 14440 a 1769 kg/m³ (Gubio, 2018).

El agregado ligero hormigón se refiere a una variedad de hormigón con una densidad relativamente baja en comparación con el hormigón tradicional. Esto se debe a que el agregado utilizado en la mezcla es mucho más ligero que el agregado convencional. Igualmente puede ser de origen natural, como la piedra pómez o la perlita, o sintético, como la escoria de alto horno.

2.1.13. Cemento portland

Es un conglomerado cementante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla, cuya proporción oscila entre el 60% y el 80% de caliza y entre el 20% y 40% de arcilla. Se le conoce también como cemento hidráulico. El cemento portland se utiliza comúnmente con otros aditivos para fabricar hormigón, mortero y yeso. El cemento portland de óxido de magnesio es una sustancia química pulverizada que se mezcla con agua y arena para hacer hormigón y revestimiento de mortero (Gubio, 2018).

2.2. MARCO LEGAL

En primera instancia se cita la Constitución de la República del Ecuador en la cual se expresa que los recursos naturales, minerales y productos del subsuelo serán explotados dando cumplimiento a las disposiciones establecidas en la carta magna, considerando de interés público la conservación del suelo. Es importante mencionar que la extracción y administración de los áridos y pétreos empleados en las pruebas de este proyecto, están sujetos a este cuerpo normativo.

Se mencionan a continuación los artículos:

Art. 408. “Son de propiedad inalienable, imprescriptible e inembargable del Estado los recursos naturales no renovables y, en general, los productos del subsuelo, yacimientos minerales y de hidrocarburos, sustancias cuya naturaleza sea distinta de la del suelo, incluso los que se encuentren en las áreas cubiertas por las aguas del mar territorial y las zonas marítimas; así como la biodiversidad y su patrimonio genético y el espectro radioeléctrico. Estos bienes sólo podrán ser explotados en estricto cumplimiento de los principios ambientales establecidos en la Constitución”.

Art. 409. “Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión. En áreas afectadas por procesos de degradación y desertificación, el Estado desarrollará y estimulará proyectos de forestación, reforestación y revegetación que eviten el monocultivo y utilicen, de manera preferente, especies nativas y adaptadas a la zona.”

2.2.1. Reglamento del Régimen Especial para el libre aprovechamiento de Materiales de Construcción para la Obra Pública

Este reglamento establece la normativa para la minería en general, en la cual se mencionan los principios bajo las cuales se deben aprovechar estos recursos. Se mencionan a continuación el artículo en cuestión:

Art.1. “El presente reglamento tiene como objeto establecer la normativa necesaria que permita la aplicación de la Ley de Minería y su reglamento general, para administrar, regular controlar y gestionar el sector minero, de conformidad con los principios de sostenibilidad, precaución, prevención y eficiencia, en lo relativo al régimen especial de libre aprovechamiento de materiales de construcción para obras públicas.”

2.2.2. Norma Ecuatoriana de la Construcción

De acuerdo con la Norma NEC, (2001) se definen los siguientes términos:

Hormigón: Mezcla de cemento pórtland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos.

Hormigón de peso normal: Hormigón que contiene agregados que cumplen con lo especificado en ASTM C33.

Hormigón estructural: Todo Hormigón utilizado con propósitos estructurales incluyendo Hormigón simple y reforzado.

Hormigón liviano: Hormigón con agregado liviano que tiene una densidad de equilibrio, tal como la define ASTM C567, entre 1440 y 1840 kg/m³.

Hormigón reforzado: Hormigón estructural reforzado con no menos de la cantidad mínima de acero de pre esforzado o refuerzo no pre esforzado. (NEC, 2001)

2.2.3. Métodos de diseño

2.2.3.1. Generalidades

“En el diseño de hormigón estructural, los elementos deben diseñarse para que tengan una resistencia adecuada, de acuerdo con las disposiciones del presente capítulo, utilizando los factores de carga y los factores de reducción de resistencia ϕ especificados en la sección 0. Se referirá también a la NEC-SE-CG. Todos los elementos de pórticos o estructuras continuas deben diseñarse para resistir los efectos máximos producidas por las cargas mayoradas (coeficiente de reducción de resistencia ϕ) determinadas de acuerdo con la teoría del análisis elástico. (NEC, 2001).”

2.2.4. Normas Ecuatorianas de la Construcción

- NEC-SE-CG: Cargas (no sísmicas)
- NEC-SE-DS: Cargas Sísmicas y Diseño Sismo Resistente
- NEC-SE-RE: Rehabilitación Sísmica de Estructuras
- NEC-SE-GM: Geotecnia y Diseño de Cimentaciones
- NEC-SE-HM: Estructuras de Hormigón Armado
- NEC-SE-AC: Estructuras de Acero
- NEC-SE-MP: Estructuras de Mampostería Estructural

- NEC-SE-MD: Estructuras de Madera

2.2.5. Normas extranjeras usadas para la norma NEC-SE- HA de las NECs

- Código ACI-318, “Building Code Requirements for Structural Concrete” (Comité 318),
 - Instituto Americano del Hormigón
 - Norma NSR-10, Reglamento colombiano de construcción sismo resistente, TÍTULO C -
 - Hormigón estructural
 - Código ANSI/AWS D 1.4 de Soldadura Estructural para Acero de Refuerzo, Sociedad
 - Americana de Soldadura
 - Código ACI 117: “Tolerancias para materiales y construcciones de hormigón”, Instituto
 - Americano del Hormigón
- Código ACI 301: “Specifications for Structural Concrete for Buildings”, Instituto Americano Del Hormigón.

2.2.6. Normas que deben cumplir los materiales de construcción

Los materiales de construcción serán evaluados y verificados por los organismos competentes, para que cumplan con los requisitos, conforme con el Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN) y la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN) que se encuentren vigentes. En el caso que el RTE INEN o la NTE INEN no se encuentren actualizados, se remitirán a los requisitos dados en las normas ASTM vigentes.

2.2.6.1. Requisitos de resistencia

La resistencia requerida U debe ser al menos igual al efecto de la carga calculada según la combinación de carga NE-SE-CG. Las combinaciones de carga para el último método de resistencia utilizado en el NEC se describen en la Sección 3.4 del NE-SE-CG. Se considera como resistencia nominal la resistencia de cálculo de la pieza y sus conexiones con otras piezas así como las secciones transversales en cuanto a flexión, cargas axiales, cortante y torsión. Significado aritmético multiplicado por el factor de reducción (NEC, 2001).

2.2.7. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1855-1

2.2.7.1. Muestreo y ensayo del hormigón fresco.

El fabricante deberá brindar al fiscalizador sin costo adicional, toda la ayuda razonable, para efectuar los controles necesarios en las instalaciones de producción y la toma de las muestras de hormigón fresco para determinar el cumplimiento de esta norma.

Los ensayos de hormigón requeridos para determinar el cumplimiento de esta norma deben ser realizados por el técnico designado.

Las muestras de hormigón deberán ser obtenidas conforme la NTE INEN 1763, excepto cuando sean tomadas para determinar la uniformidad del asentamiento de una carga o mezcla de hormigón. Ver los numerales 6.2.3; 6.2.4.1 literal d, 6.2.4.3 literal b y 6.2.5 literal c.

Los ensayos de consistencia, contenido de aire y temperatura serán realizados al momento de la colocación del hormigón, a opción del fiscalizador, tan frecuentemente como sea necesario para verificaciones de control. Adicionalmente, estos ensayos serán realizados cuando sean

especificados y siempre que se fabriquen especímenes para determinar la resistencia.

Los ensayos de resistencia, así como de consistencia, temperatura y contenido de aire, serán realizados con una frecuencia no menor a un ensayo por cada 120 m³ de hormigón o 500 m² de superficie de losa o pavimento. (NEC, 2015)

Cada ensayo será realizado en una carga distinta. En cada día de despacho del hormigón, al menos un ensayo de resistencia será realizado para cada tipo de hormigón. Si la consistencia medida o el contenido de aire están fuera de los límites especificados, se realizará inmediatamente un ensayo de verificación sobre otra porción de la misma muestra. En la eventualidad de una segunda falla, se considerará que el hormigón no cumple con los requisitos de la especificación.

2.2.7.2. Prácticas, métodos de ensayo en informes.

Los ensayos sobre el hormigón premezclado se realizarán de acuerdo con los siguientes métodos: (NTE INEN existentes y normas ASTM mientras no existan NTE INEN correspondientes).

- a) Toma de muestras: NTE INEN 1763
- b) Resistencia a la compresión: NTE INEN 1573
- c) Determinación de la masa unitaria, rendimiento y contenido de cemento y aire: ASTM C 138
- d) Contenido de aire en hormigón fresco: ASTM C 173 o C 231
- e) Consistencia:
 - Asentamiento menor de 20 mm: Tiempo VeBe ASTM C-1170
 - Asentamientos entre 20 y 200 mm: NTE INEN 1578

- Asentimientos mayores de 200 mm: Ensayo Extendido (Flow Test)

BS 1881 Part 105.

f) Cilindros de hormigón tomados en obra para ensayos de compresión, elaboración y curado: ASTM C 31

g) Temperatura en el hormigón: ASTM C 1064 NTE INEN 1855-1 18 de 24

h) Ensayos de resistencia a la tracción:

- Tracción por flexión ASTM C 78 o C 293

- Tracción por compresión diametral ASTM C 496

Los informes de los resultados de ensayos de hormigón en laboratorio, utilizados para determinar el cumplimiento con esta especificación, deberán incluir, una declaración de que todos los ensayos realizados por el laboratorio o sus agentes, estuvieron de acuerdo con los métodos de ensayo aplicables, o notificará todas las desviaciones conocidas de los procedimientos descritos. Los reportes también incluirán un listado de cualquier parte de los métodos de ensayos no realizados por el laboratorio.

(NEC, 2015)

3. CAPÍTULO III

3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Enfoque de la investigación.

El siguiente trabajo de investigación corresponde a un enfoque cuantitativo, por lo que indica que “de las preguntas se establece la hipótesis y se acentúan las variables”, en el cual se obtiene un plan para comprobarlas, se indican las variables en un cierto contexto y se analizan las ciertas mediciones obtenidas usando los métodos estadísticos y se toman una serie de conclusiones con respecto de la hipótesis.

Se establece una formulación del problema, se formulan los objetivos, se determina la hipótesis y una vez obtenida las variables se sigue la respectiva línea de investigación. De esta investigación cuantitativa, con el objetivo de tener resultados con la información numérica exacta para reportar, se cuantifica las necesidades y características de las variables.

La investigación de este proyecto se obtendrán datos en cuanto a las características generales de la ceniza volcánica y fibra de vidrio, volumen, peso y masa y a su vez con los materiales pétreos en el cual se experimentará la nueva resistencia del hormigón, se procederá con el respectivo cálculo para las nuevas dosificaciones, estudios de la resistencia a la compresión y resistencia de los cilindros.

3.1.2. Alcance de la investigación.

En nuestro estudio con alcance experimental se va a determinar la más óptima dosificación para conseguir la mejor resistencia de hormigones con la implementación del cemento HOLCIM tipo HE, mediante el cual se está

utilizando la implantación de la ceniza volcánica al 4%, 10%, 20% y a su vez el 1% de la fibra de vidrio con respecto al cemento trabajado en la mezcla que se utilizó en las pruebas de laboratorio. Se procederá a reducir la cantidad de cemento y añadir el respectivo porcentaje de la ceniza volcánica y la fibra de vidrio. Estos aumentarán su resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días, siguiendo los requisitos técnicos y normativos utilizados en este trabajo. Después de finalizar los ensayos en el laboratorio, se valorará los resultados del diseño de cada hormigón.

3.1.3. Técnica e instrumentos para obtener los datos.

En esta investigación se necesitan las técnicas, instrumentos y procesos que se utilizan al inicio del estudio de un determinado fenómeno. Esto nos permite recopilar, exponer y examinar información en el cual se logra el objetivo que es obtener nuevos conocimientos.

Para la selección de la técnica de la presente investigación dependerá del principal problema que se quiera resolver y los objetivos que se plantearán, el cual nos dará el punto fundamental de este proceso investigativo. En esta investigación, luego del proceso del diseño de hormigón con la implementación de la ceniza volcánica y la fibra de vidrio, se utilizarán técnicas que cumplirán las especificaciones y parámetros que se indican en la Norma Técnica Ecuatoriana.

La ceniza volcánica será traída de los sectores aledaños del Volcán Chimborazo, provincia Chimborazo, República del Ecuador.

La fibra de vidrio se la obtuvo en la Tienda Química "Pichincha" en la ciudad de Guayaquil, provincia Guayas, República del Ecuador. Posteriormente, los agregados gruesos y finos se los obtuvo en Disensa de Sauces 4, en la ciudad de Guayaquil, provincia Guayas, República del Ecuador, para realizar sus

respectivos ensayos para el diseño de alta resistencia del hormigón con la dosificación de 210 kg/cm². Luego de obtener los resultados se procede a la muestra de concreto en su estado fresco, para posterior ejecutar en la máquina universal su respectiva prueba de rotura, la cual es una máquina parecida a una prensa donde nos permite romper materiales en ensayos de compresión y tracción, la cual nos da a conocer sus propiedades. Las roturas son a fechas establecidas a los 7, 14 y 28 días con sus respectivos porcentajes de ceniza volcánica y fibra de vidrio.

3.1.3.1. Instrumentos

Tabla 7.- Instrumentos

TÉCNICA	INSTRUMENTOS
Ensayos de Laboratorio.	Cilindros de hormigón.
Ensayos de Rotura.	Maquina Universal.

Elaborado por: Intriago, D. y Quiroz, B. (2022).

3.1.4. Población y Muestra

3.1.4.1. Población

Se ha establecido que es la unidad de análisis que parte a delimitar la población que será estudiada y a su vez se propone a determinar los resultados, entonces, la población es la agrupación de todos los datos que coinciden con un conjunto de especificaciones.

En el siguiente proyecto de investigación de diseño del hormigón con la implantación de ceniza volcánica, fibra de vidrio y materiales pétreos, la población es de tipo infinito porque no hay un número límite para la fabricación

de cilindros de hormigón los cuales serán sometidos a ensayos de resistencia a la compresión.

Tabla 8.- Población

PORCENTAJE DE CENIZA VOLCÁNICA	PORCENTAJE DE FIBRA DE VIDRIO	CILINDROS DE HORMIGÓN	TESTIGOS
4%	1%	3	3
10%	1%	3	3
20%	1%	3	3
TOTAL		9	9
TOTAL POBLACIÓN		18	

Elaborado por: Intriago, D. y Quiroz, B. (2022).

3.1.4.2. Muestra

La muestra se describe como un subgrupo de la población de interés en el cual se recolectan los datos y que a su vez deberán delimitarse y definirse de antemano con precisión, adicionalmente debe de ser representativo para la población.

Total de muestras del hormigón elaborado con:

- Ceniza volcánica: 4%, 10%, 20%
- Fibra de vidrio: 1%

Tabla 9.- Muestras utilizadas.

CILINDROS			
PORCENTAJE DE CENIZA VOLCÁNICA	4%	10%	20%
PORCENTAJE DE FIBRA DE VIDRIO	1%	1%	1%
Días			
7 DÍAS	1	1	1
14 DÍAS	1	1	1
28 DÍAS	1	1	1
TOTAL DE MUESTRAS		9	

Elaborado por: Intriago, D. y Quiroz, B. (2022).

3.1.5. Presentación y análisis de resultados

La siguiente presentación de los resultados que analizamos en el proyecto consiste en responder los objetivos planteados a partir de las pruebas y los datos obtenidos.

Los análisis realizados se estipularán para el diseño de acuerdo a las normativas INEN-ASTM-ACI, de esta manera se evaluará y se obtendrá las diferencias entre los diseños con los distintos porcentajes de ceniza volcánica y fibra de vidrio, determinando como se los podría implementar en el uso de la construcción.

3.1.5.1. Con respecto al primer objetivo específico.

Tabla 10.- Método: Implementar en el hormigón tradicional la ceniza volcánica y la fibra de vidrio.

PASOS

RECOLECCIÓN DE LA CENIZA VOLCÁNICA	1.- Recolección de la ceniza en los sectores aledaños al Volcán Chimborazo, Ecuador.
RECOLECCIÓN DE LA FIBRA DE VIDRIO	2.- Adquirido en la tienda química "Pichincha" en la ciudad de Guayaquil, Ecuador.
DESHILACHAR LA FIBRA DE VIDRIO	3.- Se procede a deshilar la fibra de vidrio ya que dicho material viene en planchas de 1 m ² .
CANTIDAD DE AGREGADOS	4.- Los agregados finos y gruesos se añaden con su respectiva dosificación para la respectiva resistencia de 210kg/cm ² .
CANTIDAD DE AGUA	5.- Se añade la cantidad exacta de agua con respecto a la respectiva resistencia de 210 kg/cm ²
FUNDICIÓN DEL HORMIGÓN	6.- Se procede a la respectiva mezcla de todos los materiales para dejar preparado la muestra.
CURADO DEL HORMIGÓN	7.- Se deja sumergido la muestra en agua para la debida hidratación de la misma.

Elaborado por: Intriago, D. y Quiroz, B. (2022).



Figura 12.- Piedra 3/8

Fuente: Laboratorio de Suelo UEES, (2022).

Elaborado por: Intriago, D. y Quiroz, B. (2022).



Figura 13.- Arena utilizada para la respectiva muestra.

Fuente: Laboratorio de Suelo UEES, (2022).

Elaborado por: Intriago, D. y Quiroz, B. (2022).

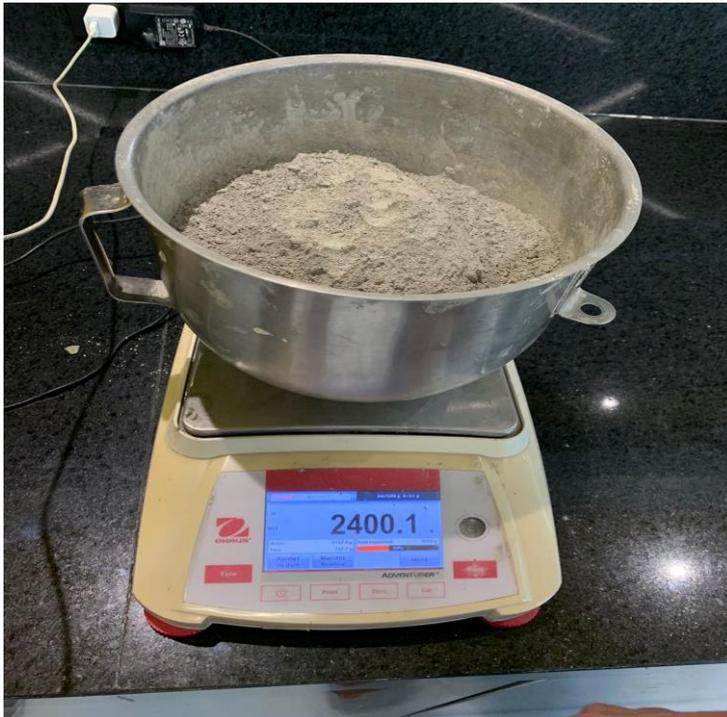


Figura 14.- Cemento utilizado para la respectiva muestra.
Fuente: laboratorio de Suelo UEES, (2022).
Elaborado por: Intriago, D. y Quiroz, B. (2022).

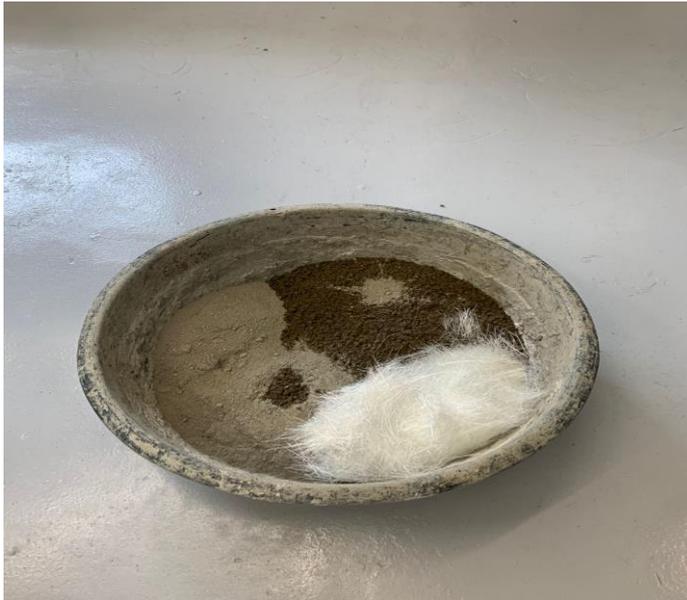


Figura 15.- Mezcla para las muestras de hormigón con ceniza volcánica y fibra de vidrio.
Fuente: Laboratorio de Suelo UEES, (2022).
Elaborado por: Intriago, D. y Quiroz, B. (2022).



Figura 16.- Proceso para la respectiva fundición de las muestras.

Fuente: Laboratorio de Suelo UEES, (2022).

Elaborado por: Intriago, D. y Quiroz, B. (2022).



Figura 17.- Muestras preparadas de hormigón con ceniza volcánica y fibra de vidrio.

Fuente: Laboratorio de Suelo UEES, (2022).

Elaborado por: Intriago, D. y Quiroz, B. (2022).

3.1.5.2. Con respecto al segundo objetivo específico.

Método: Determinar las ventajas y desventajas del hormigón con la implementación de la ceniza volcánica y la fibra de vidrio.

3.1.5.2.1. Ventajas

- Resistencia a compresión: La mezcla de concreto con estos agregados, con un adecuado fraguado a los 28 días produce una mayor resistencia a la compresión a diferencia del hormigón tradicional de resistencia 210 kg/cm².
- Plasticidad: Estos agregados ayudan al concreto a ganar más ductilidad y reducen los problemas de permeabilidad y grietas que se puedan presentar.
- Obtención del material: El fácil acceso que podrían tener las personas aledañas a las faldas de los volcanes para obtener la ceniza volcánica y así poder hacer su utilización.

3.1.5.2.2. Desventajas

- Costos: La fabricación de este tipo de hormigón es más costoso comparado al hormigón tradicional de 210 kg/cm². A continuación se detalla una tabla comparativa con sus respectivos precios de acuerdo a 1m³.

Hormigón tradicional 210 kg/cm².

Materiales	Precio por m ³
Cemento	\$62.85
Arena	\$5.38
Piedra	\$12.10
Agua	\$1.00
TOTAL	\$81.33

Elaborado por: Intriago, D. y Quiroz, B. (2022).

Hormigón añadiendo ceniza volcánica y fibra de vidrio.

Materiales	Precio por m ³
Cemento	\$50.28
Arena	\$5.38
Piedra	\$12.10
Agua	\$1.00
Ceniza volcánica (Se incluye el respectivo traslado)	\$12.50
Fibra de vidrio	\$60
TOTAL	\$141.26

Elaborado por: Intriago, D. y Quiroz, B. (2022).

- Traslado: Como la ceniza volcánica es más fácil conseguirla en zonas aledañas a volcanes, este material tendría un dificultoso y costoso traslado a zonas costeras para su utilización.

3.1.5.3. Con respecto al tercer objetivo específico.

Método: Analizar la resistencia a compresión del hormigón con los diferentes porcentajes de la ceniza volcánica y la fibra de vidrio.

Tabla 11.- Diseño de Hormigón para 1 saco de cemento de 50kg.

DISEÑO DE HORMIGÓN $f'c$ 210kg/cm ²	
CEMENTO	50 KG
ARENA	66 KG
PIEDRA	123.82 KG
AGUA	30 L

Elaborado por: Intriago, D. y Quiroz, B. (2022).

Tabla 12.- Propiedades de la muestra del cilindro.

PROPIEDADES DEL CILINDRO	
BASE	10 cm
ALTURA	20 cm
AREA	78.54 cm ²
VOLÚMEN	1570.79 cm ³

Elaborado por: Intriago, D. y Quiroz, B. (2022).



Figura 18.- Masa de la respectiva muestra de hormigón con ceniza volcánica y fibra de vidrio.

Fuente: Laboratorio de Suelo UEES, (2022).

Elaborado por: Intriago, D. y Quiroz, B. (2022).



Figura 19.- Prueba de compresión en la máquina universal de la respectiva muestra de hormigón con ceniza volcánica y fibra de vidrio.

Fuente: Laboratorio de Suelo UEES, (2022).

Elaborado por: Intriago, D. y Quiroz, B. (2022).



Figura 20.- Rotura de la respectiva muestra de hormigón con ceniza volcánica y fibra de vidrio.

Fuente: Laboratorio de Suelo UEES, (2022).

Elaborado por: Intriago, D. y Quiroz, B. (2022).

Tabla 13.- Resultados de Ensayos a compresión con muestra al 4% de ceniza volcánica y 1% de fibra de vidrio.

Fecha de elaboración	Fecha de rotura	Días	Masa	Densidad	Carga	Esfuerzo	%
26-05-2022	02-06-2022	7	3410.70 g	2.17 g/cm ²	10700 kg	136.24 kg/cm ²	64.87%
26-05-2022	09-06-2022	14	3591.50 g	2.28 g/cm ²	12639 kg	160.39 kg/cm ²	76.37%
26-05-2022	23-06-2022	28	3740.40 g	2.38 g/cm ²	16463 kg	209.62 kg/cm ²	99.81%

Elaborado por: Intriago, D. y Quiroz, B. (2022).

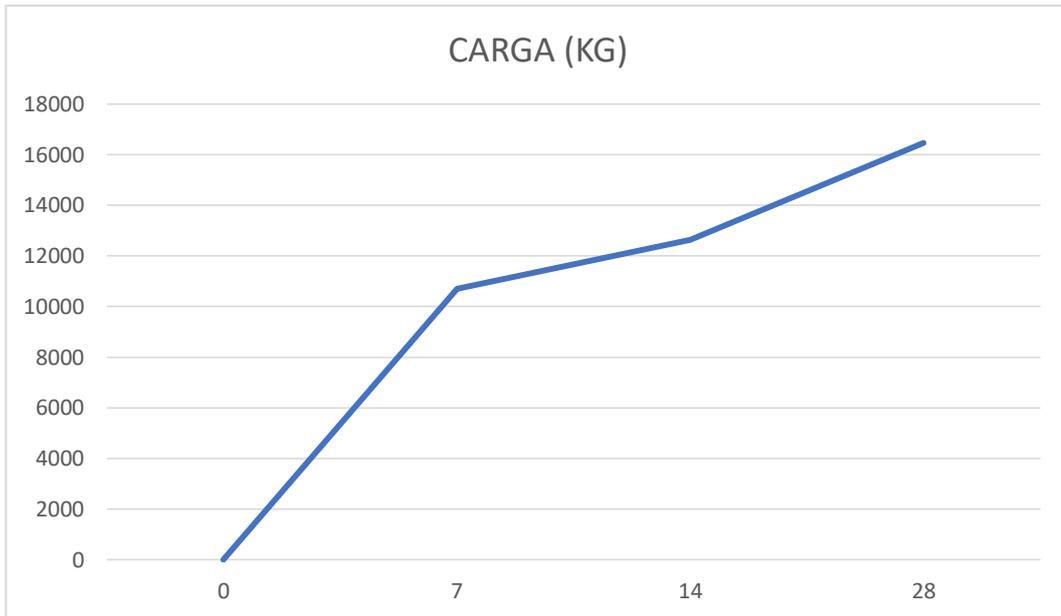


Figura 21.- Carga de Rotura al 4% de ceniza volcánica y 1% de fibra de vidrio.
Elaborado por: Intriago, D. y Quiroz, B. (2022).

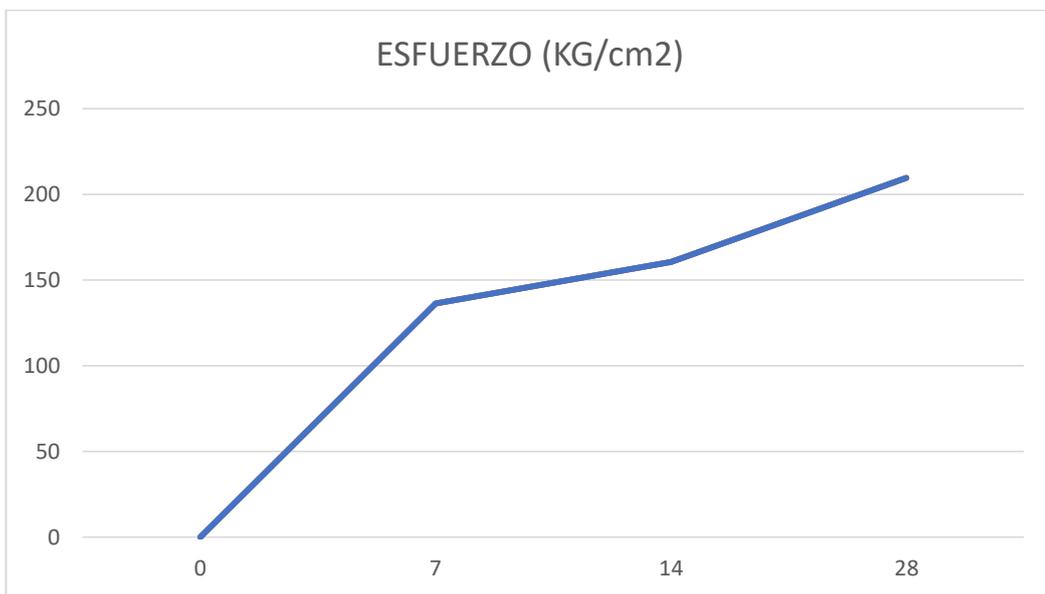


Figura 22.- Resistencia de la muestra al 4% de ceniza volcánica y 1% de fibra de vidrio.
Elaborado por: Intriago, D. y Quiroz, B. (2022).

Tabla 14.- Resultados de Ensayos a compresión con muestra al 10% de ceniza volcánica y 1% de fibra de vidrio.

Fecha de elaboración	Fecha de rotura	Días	Masa	Densidad	Carga	Esfuerzo	%
09-06-2022	16-06-2022	7	3481.23 g	2.21 g/cm ²	9783 kg	124.57 kg/cm ²	59.30%
02-06-2022	16-06-2022	14	3523.46 g	2.24 g/cm ²	16757 kg	213.36 kg/cm ²	101.60%
02-06-2022	30-06-2022	28	3879.10 g	2.47 g/cm ²	18805 kg	239.44 kg/cm ²	114.01%

Elaborado por: Intriago, D. y Quiroz, B. (2022).

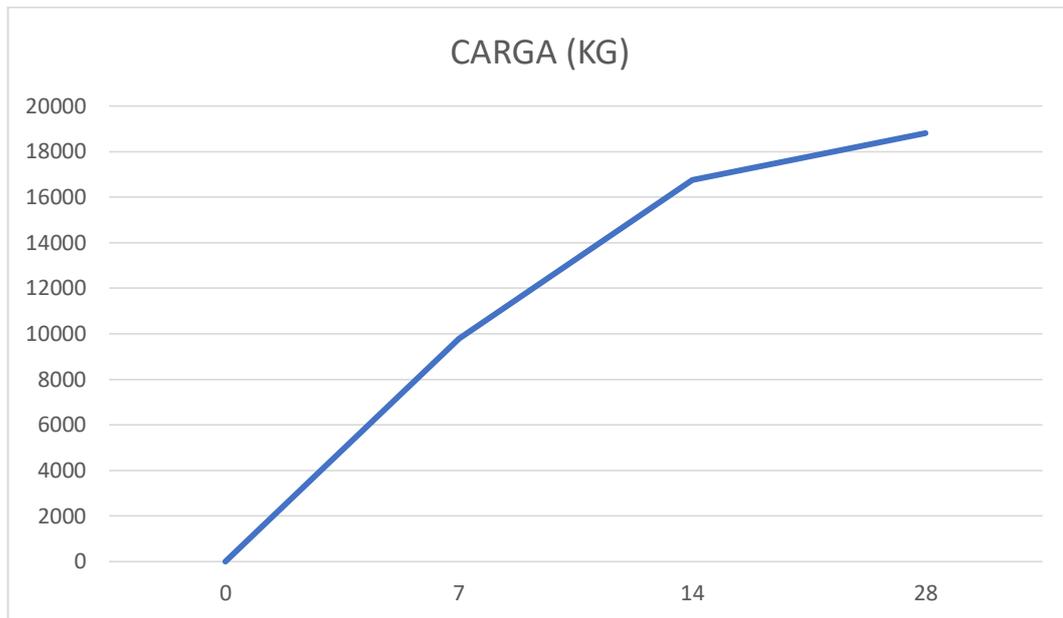


Figura 23.- Carga de Rotura al 10% de ceniza volcánica y 1% de fibra de vidrio.

Elaborado por: Intriago, D. y Quiroz, B. (2022).

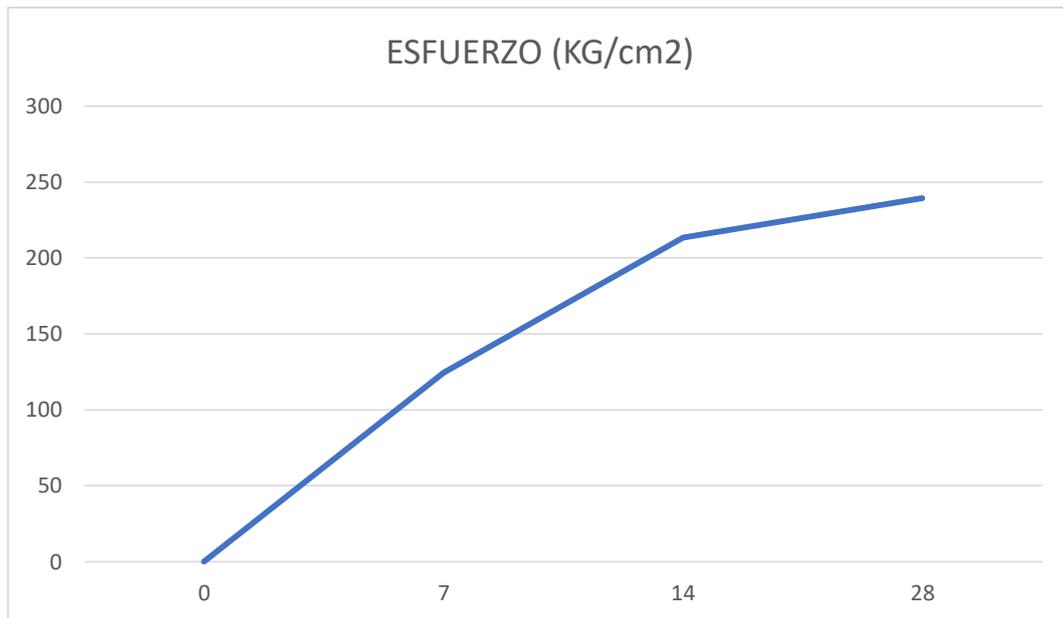


Figura 24.- Resistencia de la muestra al 10% de ceniza volcánica y 1% de fibra de vidrio.

Elaborado por: Intriago, D. y Quiroz, B. (2022).

Tabla 15.- Resultados de Ensayos a compresión con muestra al 20% de ceniza volcánica y 1% de fibra de vidrio.

Fecha de elaboración	Fecha de rotura	Días	Masa	Densidad	Carga	Esfuerzo	%
09-06-2022	16-06-2022	7	3497.10 g	2.22	14487	184.46	87.83%
				g/cm ²	kg	kg/cm ²	
02-06-2022	16-06-2022	14	3571.22 g	2.27	18942	241.18	114.84%
				g/cm ²	kg	kg/cm ²	
02-06-2022	30-06-2022	28	3733.09 g	2.37	22285	283.75	135.11%
				g/cm ²	kg	kg/cm ²	

Elaborado por: Intriago, D. y Quiroz, B. (2022).

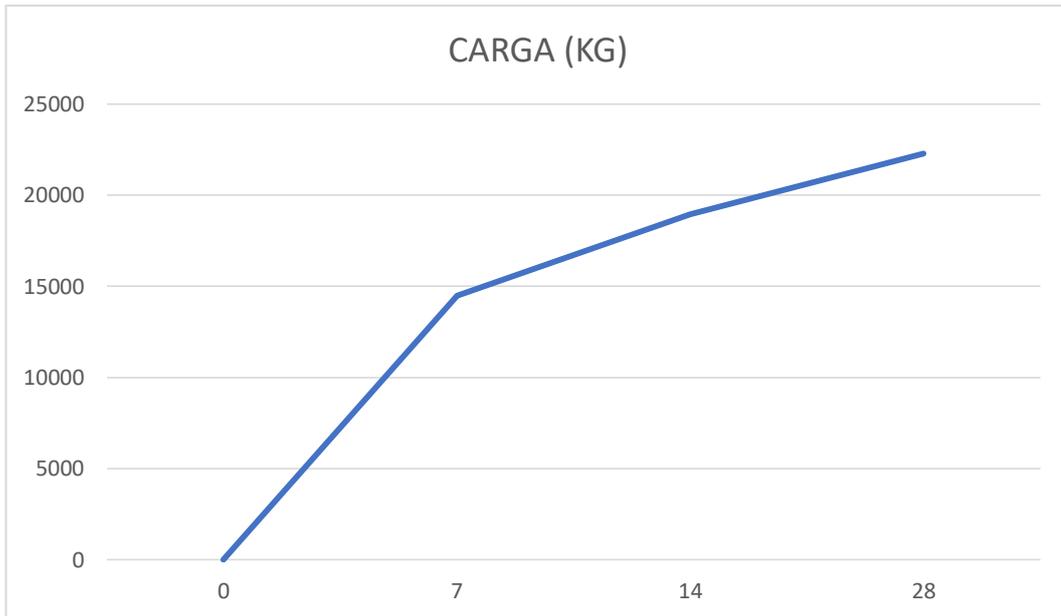


Figura 25.- Carga de Rotura al 20% de ceniza volcánica y 1% de fibra de vidrio.

Elaborado por: Intriago, D. y Quiroz, B. (2022).

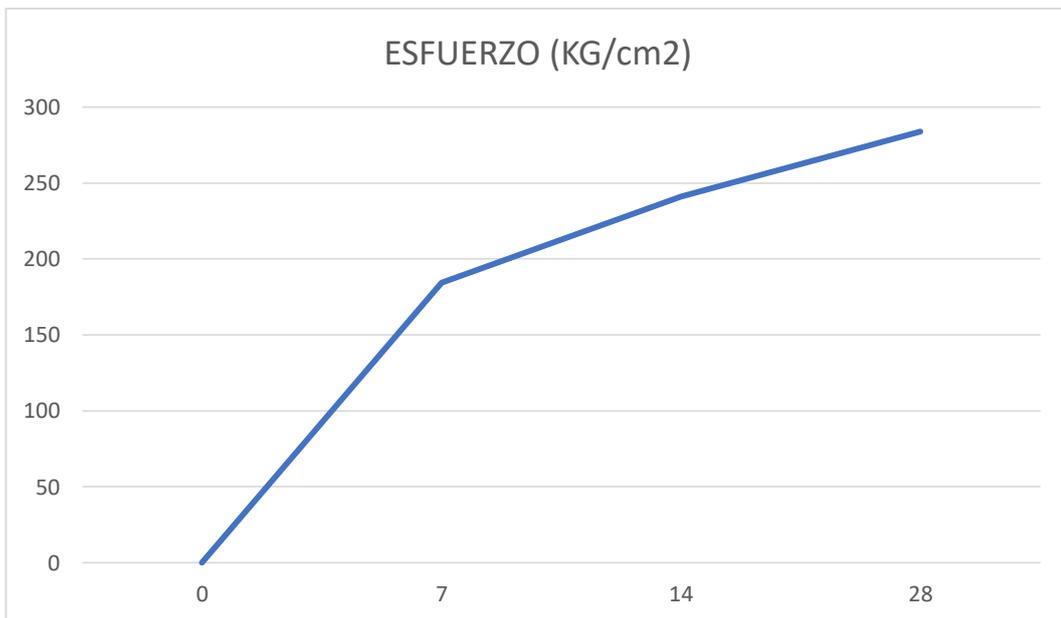


Figura 26.- Resistencia de la muestra al 20% de ceniza volcánica y 1% de fibra de vidrio.

Elaborado por: Intriago, D. y Quiroz, B. (2022).

4. CONCLUSIONES

- El uso de cualquier tipo de fibra mezclado en el hormigón puede proporcionar una ductilidad adecuada para absorber gran cantidad de energía antes de que este falle y a su vez mejorar algunas propiedades como la resistencia a la propagación de grietas, resistencia a la compresión y al impacto.
- El hormigón con estos tipos de agregados obtiene más resistencia en la trabajabilidad pero a su vez generaría una inversión un poco más elevada para su utilización. Es un 57% más costosa su implementación.
- De acuerdo a las muestras de hormigón, se realizaron un total de 9 muestras: 3 muestras al 4% de ceniza volcánica y 1% de fibra de vidrio, 3 muestras al 10% de ceniza volcánica y 1% de fibra de vidrio, 3 muestras al 20% de ceniza volcánica y fibra de vidrio y 1% de fibra de vidrio. Por cada muestra se hizo un ensayo de rotura a los 7, 14 y 28 días de tiempo de fraguado.
- Para determinar las altas resistencia de las mezclas del hormigón añadiendo la ceniza volcánica y fibra de vidrio, con la dosificación de diseño 210 kg/cm², se hicieron las respectivas pruebas de rotura dando como resultados lo siguiente:
 1. A los 7 días en el ensayo a compresión al 4% de ceniza volcánica y 1% de fibra de vidrio nos muestra una resistencia de 136 kg/cm² que corresponde al 64.87% y a los 14 días 160.39 kg/cm² que corresponde a 76.37%. A los 28 días

alcanzó 209.62 kg/cm² de resistencia pura que equivale al 99.81% a la resistencia original.

2. A los 7 días en el ensayo a compresión al 10% de ceniza volcánica y 1% de fibra de vidrio nos arroja una resistencia de 124.57 kg/cm². que equivale a 59.30%. A los 14 días, nos da una resistencia de 213.36 kg/cm² que equivale a 101.60% y a los 28 días 239.44 kg/cm² que equivale a 114.01% a la resistencia original.
 3. A los 7 días en el ensayo a compresión al 20% de ceniza volcánica y 1% de fibra de vidrio, arroja como resultado una resistencia de 184.46 kg/cm² que es el 87.83% de la resistencia original. A los 14 días, 241.18 kg/cm² que corresponde al 114.84% y a los 28 días, 283.75 kg/cm² que equivale al 135.11% a la resistencia original.
- Estos resultados se pueden interpretar de la siguiente manera:
 - a. A los 28 días con 4% de ceniza volcánica y 1% de fibra de vidrio, tenemos una resistencia favorable con 209.62 kg/cm².
 - b. A los 14 días con 10% de ceniza volcánica y 1% de fibra de vidrio, tenemos una óptima resistencia de 213.36 kg/cm². 1.6% de mayor de resistencia.
 - c. A los 28 días con 10% de ceniza volcánica y 1% de fibra de vidrio, tenemos una mejor resistencia con 239.44 kg/cm². 14% de mayor de resistencia.

- d. A los 14 días con 20% de ceniza volcánica y 1% de fibra de vidrio, tenemos una mejor resistencia de 241.18 kg/cm². 14.84% de mayor resistencia.
- e. A los 28 días con 20% de ceniza volcánica y 1% de fibra de vidrio, tenemos una mejor resistencia de 283.75 kg/cm². 35.11% de mayor resistencia.
- f. Las resistencias obtenidas a los 7 días en todas las pruebas, nos arrojan resultados que no llegan a la resistencia adecuada, esto se debe al poco tiempo de fraguado del hormigón.

5. RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso para la construcción de la ceniza volcánica en sectores de la Sierra ecuatoriana por la cercanía de traslado del respectivo material.
- Se recomienda un apropiado curado del hormigón añadiendo la ceniza volcánica y fibra de vidrio para una apta hidratación del mismo.
- Se recomienda, en la elaboración de los ensayos un correcto procedimiento para la obtención y un eficaz análisis de los resultados.
- Se recomienda a los próximos investigadores seguir realizando estudios de materiales que sean aptos añadir al concreto para una mejor trabajabilidad del mismo.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arangoy J. (2013). Influencia de la fibra de vidrio en las propiedades mecánicas de mezclas de concreto”, Tesis de Grado, Universidad Eafit, Medellín, Colombia.
- Barrientos-Monsalve, E. J. (2020). Comportamiento del concreto ante la fibra y ceniza volcánica. Mundo FESC, 10(19), 203-215.
- Cárdenas, J., Lizarazo-Marriaga, W., Aperador-Chaparro, (2016). Comportamiento mecánico de sistemas cementantes binarios (cemento portland–ceniza volante–escoria de alto horno)”. Rev. Latinam. Metal. Mat., vol. 36, no. 1, pp.78-98, 2016
- Calderón Perea, N. E. (2022). Caracterización de morteros geo poliméricos sintetizados por activación alcalina de ceniza volcánica y agregados finos.
- Gavilanes. (2016). *“DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE HORMIGON PREPARADO CON POLICARBONATO, VIDRIO TEMPLADO Y HORMIGON RECICLADO”*. AMBATO.
- Coronel, R. (2016). *“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE MEZCLAS CEMENTICIAS CON LA INCLUSIÓN DE FIBRAS DE MADERA”*. SAMBORONDON.
- Suarez, U. (2010). *“Caracterizacion de la ceniza volcanica del Tungurahua para la fabricacion de un aglomerante Cal-puzolana”*. Cuenca .
- NEC. (2001). *“ESTRUCTURAS DE HORMIGON ARMADO”*. QUITO.
- ECUATORIANA, N. T. (2015). *HORMIGONES. HORMIGÓN PREMEZCLADO. REQUISITOS*. QUITO.
- Coveña. (2020). *“USO DE LA GRAVA Y SU INSIDENCIA EN LA INGENIERIA CIVIL”*. PORTOVIEJO.
- Construcción, N. E. (2001). *“NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN”*

Osejo. (2020). *‘‘Estudio de la relación entre la resistencia a compresión y el modulo de elasticidad estatico para los hormigones fabricados con cemento por desempeño y compuesto en el Ecuador’’*. Quito.

Sadhwani, S. (2019). *FIBRA DE VIDRIO*. MADRID.

Villalba. (2013). *"CARACTERIZACIÓN DEL ORIGEN Y USO DE PUZOLANA LOCALIZADA EN LAS CERCANÍAS DE CARAPEGUÁ, DEPARTAMENTO DE PARAGUARÍ"*. ASUNCIÓN.

**Anexo 1.- Resultados de los ensayos de rotura del
hormigón tradicional con resistencia 210 kg/cm²**

Fecha de elaboración	Fecha de rotura	Días	Masa	Densidad	Carga	Esfuerzo	%
05-05-2022	12-05-2022	7	3142.04 g	2.00 g/cm ²	11064 kg	140.87 kg/cm ²	67.08%
05-05-2022	19-05-2022	14	3396.20 g	2.16 g/cm ²	14468 kg	184.21 kg/cm ²	87.71%
05-05-2022	02-06-2022	28	3586.60 g	2.28 g/cm ²	17021 kg	216.72 kg/cm ²	103.20%

Elaborado por: Intriago, D. y Quiroz, B. (2022).

Franklin Barros

Ing. Franklin Barros
Asistente de Laboratorio de Materiales UEES.



Anexo 2.- Resultados óptimos obtenidos en las pruebas de laboratorio.

DÍAS	PORCENTAJE DE CENIZA VOLCÁNICA	DE	PORCENTAJE DE FIBRA DE VIBRA	DE	RESISTENCIA TOTAL	OBSERVACIÓN
14	10%		1%		213.36 kg/cm2	1.6%
14	20%		1%		239.44 kg/cm2	14.01%
28	10%		1%		239.44 kg/cm2	14.84%
28	20%		1%		283.75 kg/cm2	35.11%

Elaborado por: Intriago, D. y Quiroz, B. (2022).

Franklin Barros

Ing. Franklin Barros
Asistente de Laboratorio de Materiales UEES.



Anexo 3.- Foto con el Ing. Franklin Barros. Coordinador de laboratorio de Suelos de la UEES.



Franklin Barros

Ing. Franklin Barros
Coordinador de Laboratorio de Materiales UEES



Anexo 4.- Certificados otorgados por el Ing. Franklin Barros como constancia de las muestras realizadas en el laboratorio de la UEES.



Laboratorio de Mecánica de Suelos
Laboratorio de Materiales Asfalto y Mortero

Samborondón, 11 de Julio de 2022

Certificado

Por medio de la presente, informo que los Sres. QUIROZ MENDOZA BORIS ADRIAN y INTRIAGO PITA DONNY DUMAR utilizaron las instalaciones del Laboratorio de Materiales de la Universidad Espiritu Santo (UEES), para ejecutar su trabajo de titulación con el tema “CARACTERISTICAS MECANICAS DEL HORMIGON TRADICIONAL Y HORMIGON CON CENIZA VOLCANICA Y FIBRA DE VIDRIO”, en lo que respecta a ensayos de compresión de cilindros de hormigón.

Atentamente

Franklin Barros
Ing. Franklin Barros

Asistente Laboratorio de Materiales

