



**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

**DISEÑO DE HORMIGÓN UTILIZANDO TOBA VOLCÁNICA COMO
MEDIO PARA MINIMIZAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES**

TUTOR

MSC. JULY ROXANA HERRERA VALENCIA

AUTOR

VANESSA CAROLINA ROMERO SEGURA

GUAYAQUIL

2021



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO:

Diseño de hormigón utilizando toba volcánica como medio para minimizar los impactos ambientales.

AUTOR/ES:

Romero Segura Vanessa
Carolina

REVISORES O TUTORES:

July Roxana Herrera Valencia

INSTITUCIÓN:

**Universidad Laica Vicente
Rocafuerte de Guayaquil**

Grado obtenido:

Tercer nivel de grado

FACULTAD:

INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN

CARRERA:

INGENIERÍA CIVIL

**FECHA DE
PUBLICACIÓN:**

2021

N. DE PAGES:

75

ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y construcción

PALABRAS CLAVE: Cemento, Hormigón, Impacto medioambiental, Yacimientos de minerales,

RESUMEN:

El objetivo de la presente investigación consiste en preparar una mezcla de hormigón utilizando toba volcánica como un nuevo diseño de hormigón para minimizar los impactos ambientales. Puesto que en el ámbito de la construcción existe una problemática debido a que es una de las actividades más contaminantes del planeta, es indiscutible que los métodos de extracción de materias primas son evidentemente invasivos causando grandes impactos ambientales directos que en su mayoría pueden ser irreversibles, en tal sentido, es importante el estudio en la orientación de nuevas metodologías sustentables que disminuyan estos efectos.

En el estudio se aplica el enfoque metodológico cuantitativo, según el diseño; una investigación experimental por los diversos ensayos de laboratorios a prototipos los cuales reflejará si la mezcla de hormigón con toba volcánica será igual o superior al diseño tradicional.

El nivel de investigación es explicativo por cuanto su propósito es demostrar que los cambios en el uso de la toba volcánica se implementan como un nuevo diseño de hormigón con el fin de reducir el uso de los materiales tradicionales. No obstante, gracias la ubicación geográfica del país el cual se encuentra en la zona del cinturón del fuego del pacifico brinda la peculiaridad de beneficiarse con yacimientos de materiales pétreos, entre ellas, la toba volcánica como pieza fundamental en este estudio, su extracción es nula en cuanto a contaminación, hace que su comercialización sea inexistente y por lo tanto no sea empleado en la fabricación cotidiana de morteros.

N. DE REGISTRO (en base de datos):**N. DE CLASIFICACIÓN:****DIRECCIÓN URL (tesis en la web):****ADJUNTO PDF:****SI****NO**

CONTACTO CON AUTOR/ES: Romero Segura Vanessa Carolina	Teléfono: 0983744970	E-mail: vromeros@ulvr.edu.ec vanessa_romero1997@hotmail.com
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Mg. Alex Salvatierra Espinoza (Decano) Teléfono: 2596500 Ext. 241 E-mail: asalvatierrae@ulvr.edu.ec	

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO

HORMIGÓN CON TOBA VOLCANICA

INFORME DE ORIGINALIDAD

3%	3%	0%	1%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Universidad EAFIT Trabajo del estudiante	<1%
2	repositorio.usfq.edu.ec Fuente de Internet	<1%
3	bejomi1.wordpress.com Fuente de Internet	<1%
4	bibliotecadigital.udea.edu.co Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.unicatolica.edu.co Fuente de Internet	<1%
6	www.abcm.org.br Fuente de Internet	<1%
7	Corporación Universitaria Minuto de Dios, UNIMINUTO Trabajo del estudiante	<1%
8	Jose Rangel Alemán Sangronis. "Descolonización del hacer investigativo para la Regeneración Social Venezolana", CIENCIAMATRIA, 2019	<1%

	Publicación	
9	Universidad Politécnica Estatal de Carchi Trabajo del estudiante	<1%
10	docplayer.net Fuente de Internet	<1%
11	lolita82nin.blogspot.com Fuente de Internet	<1%
12	plataformazeo.com Fuente de Internet	<1%
13	santjaumedefrontanya.net Fuente de Internet	<1%
14	www2.senado.leg.br Fuente de Internet	<1%
15	Universidad Católica de Trujillo Trabajo del estudiante	<1%
16	repository.ucatolica.edu.co Fuente de Internet	<1%
17	Universidad Distrital FJDC Trabajo del estudiante	<1%
18	Universidad Alas Peruanas Trabajo del estudiante	<1%



July Herrera Calvez

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

El (Los) estudiante(s) egresado(s) VANESSA CAROLINA ROMERO SEGURA, declara (mos) bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, “DISEÑO DE HORMIGÓN UTILIZANDO TOBA VOLCÁNICA COMO MEDIO PARA MINIMIZAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES”, corresponde totalmente a el(los) suscrito(s) y me (nos) responsabilizo (amos) con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

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

Autor(es)



Firma:

VANESSA CAROLINA ROMERO SEGURA

C.I. 0951847169

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación “DISEÑO DE HORMIGÓN UTILIZANDO TOBA VOLCÁNICA COMO MEDIO PARA MINIMIZAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES”, designado(a) 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: “DISEÑO DE HORMIGÓN UTILIZANDO TOBA VOLCÁNICA COMO MEDIO PARA MINIMIZAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES”, presentado por los estudiantes VANESSA CAROLINA ROMERO SEGURA como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:



MSC. JULY ROXANA HERRERA VALENCIA

C.C. 0916201569

AGRADECIMIENTO

Este trabajo de investigación no hubiese sido posible sin la perseverancia, sacrificio y constancia de mis padres; Víctor Romero Ayala y Judith Segura Mora quienes con absoluta devoción y apoyo incondicional me impulsaron a cumplir mis metas. También agradezco a mis hermanos; Mg. Carmen Romero Segura, Ing. Miguel Romero Segura y Martiza Segura quienes con su apoyo y guía fueron mis modelos a seguir en la ardua labor de obtener mi Título Universitario

Gracias a familiares quienes fueron partícipe de su entusiasmo y buenos deseos para mi futura vida como profesional y que nunca dudaron de mis capacidades y quienes siempre tenían buenas vibras para dar.

Agradezco de todo corazón a mi Tutora; MSC. July Roxana Herrera Valencia, quien ha sido mi profesora a lo largos de los años en mi proceso estudiantil, cuya motivación y asesoría pude cumplir este anhelado deseo.

A todos mis docentes con los que me he cruzado en el camino en mi proceso formativo académico quienes con ellos estoy muy agradecida por sus orientaciones y sabiduría profesional. Y a todos mis amigos y futuros colegas profesionales cuya amistad y buen compañerismo fueron partícipes de este logro.

Vanessa Carolina Romero Segura

DEDICATORIA

Le agradezco a Dios que fue mi pilar fundamental el cual me brindó apoyo y guía fortaleciendo así mis capacidades y cuya orientación me condujeron en mi largo camino de conseguir mi anhelado título académico.

A mis padres, Víctor Manuel Romero Ayala y Judith Celida Segura Mora quienes con su amor me brindaron la oportunidad y el apoyo de seguir mis estudios y que más allá del soporte económico me enseñaron e inculcaron valores que hoy en día me hace dar gracias por la formación personal y en la mujer que formaron, me considero afortunada por tener como progenitores a estos dos seres.

Retribuyo a mis hermanos, Mg. Carmen Romero Segura, Ing. Miguel Romero Segura y Maritza Segura quienes fueron mis orientadores en el camino académico y modelos a seguir cuya dedicación en sus estudios y desempeño en el ámbito laboral me impulsaron para seguir sus pasos.

Vanessa Carolina Romero Segura

INDICE GENERAL

	Pág.
PORTADA	II
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO.....	V
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES	VII
CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR.....	VIII
AGRADECIMIENTO.....	IX
DEDICATORIA	X
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Tema	3
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Formulación del problema	4
1.4. Sistematización del problema	5
1.5. Objetivo General.....	5
1.6. Objetivos Específicos.....	5
1.7. Justificación de la investigación	5
1.8. Delimitación o alcance de la investigación.....	6
1.9. Hipótesis de la investigación o idea a defender	7
1.9.1. Variable independiente.....	7
1.9.2. Variable dependiente.....	7
1.10. Línea de investigación.	7
CAPÍTULO II	8
MARCO TEÓRICO.....	8
4.1. 2.1. Marco Teórico.....	8

2.1.1. Puzolanas.....	9
2.1.2. Cemento	11
2.1.3. Áridos	11
2.1.4. Características y propiedades físicas de la toba volcánica.....	12
2.1.5. Hormigón	12
2.1.6. Propiedades físicas y mecánicas del hormigón.....	13
2.2. Marco Referencial.....	16
4.2. 2.3. Marco Conceptual.....	18
2.3.1. Toba.....	18
2.3.2 Puzolana	18
2.3.3. Hormigón	18
2.3.4. Agregados	18
2.3.5. Cemento	18
2.3.6. Mortero.....	19
2.3.7. Agua	19
2.4. Marco Legal	19
2.4.1. Norma ecuatoriana de la construcción	19
2.4.2. Agregados.....	19
2.4.3. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)	20
CAPÍTULO III	22
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	22
3.1. Marco Metodológico.....	22
3.2. Tipo de investigación.....	23
3.5. Población.....	25
CAPÍTULO IV.....	26

INFORME FINAL	26
4.3. Propuesta.....	26
4.4. Huella ecológica del hormigón con toba volcánica y su reducción de impactos ambientales en la construcción.	26
4.5. Ejecución de la propuesta	27
4.6. Ensayos del agregado grueso con toba volcánica	28
4.7. Dosificación.	33
4.8. Elaboración de las probetas de cilindro de hormigón.....	33
4.9. Elaboración de la mezcla	34
4.10. Resultados de rotura de cilindros.....	35
4.11. Resumen de los datos obtenidos de los ensayos.	36
4.12. Diseño de Hormigón Tradicional de $f'c$ 210 Kg/cm ²	37
4.13. Diseño de Hormigón Tradicional más la Toba Volcánica de $f'c$ 210 Kg/cm ²	38
4.14. Diseño de con la Toba Volcánica de $f'c$ 210 Kg/cm ²	39
4.15. Resultados de las roturas por cada diseño propuesto.....	40
4.16. Análisis de Resultados	42
CONCLUSIONES	43
RECOMENDACIONES	44
ANEXOS.....	47
Anexo 11	57
Anexo 12	58
Anexo 13	59

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1 LINEA Y SUBLINEA DE INVESTIGACION	7
TABLA 2 TIPOS DE PUZOLANAS ARTIFICIALES	10
TABLA 3 ASENTAMIENTO DEL CONO DE ABRAMS EN BASE A LA CONSISTENCIA.....	13
TABLA 4 APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	24
TABLA 5 MUESTRAS DE CILINDRO DE HORMIGÓN	25
TABLA 6 CONTENIDO DE HUMEDAD	28
TABLA 7 GRANULOMETRÍA DE LA TOBA VOLCÁNICA	29
TABLA 8 PESO UNITARIO DE LA TOBA VOLCÁNICA.....	30
TABLA 9 GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN.....	31
TABLA 10 ABRASIÓN	32
TABLA 11 DATOS TÉCNICOS DE LOS ENSAYOS DE GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS FINO Y GRUESO.....	36
TABLA 12 DATOS TÉCNICOS REQUERIDOS PARA LA DOSIFICACIÓN	37
TABLA 13 DISEÑO DE HORMIGÓN TRADICIONAL 210 KG/CM ²	37
TABLA 14 DATOS TÉCNICOS REQUERIDOS PARA LA DOSIFICACIÓN	38
TABLA 15 DISEÑO CON HORMIGÓN TRADICIONAL Y TOBA VOLCÁNICA F'c 210 KG/CM ²	38
TABLA 16 DATOS TÉCNICOS REQUERIDOS PARA LA DOSIFICACIÓN	39
TABLA 17 DISEÑO CON TOBA VOLCÁNICA F'c 210 KG/CM ²	39
TABLA 18 RESULTADOS DE LA ROTURA DE CILINDROS CON TOBA VOLCÁNICA Y PIEDRA ³ / ₄ RESISTENCIA DE F'c 210 KG/CM ²	40
TABLA 19 RESULTADOS DE LA ROTURA DE CILINDROS CON UNA RESISTENCIA DE F'c 210 KG/CM ²	40
TABLA 20 RESULTADOS DE LA ROTURA DE CILINDROS CON TOBA VOLCÁNICA CON UNA RESISTENCIA DE F'c 210 KG/CM ²	41
TABLA 21 CUADRO DE ROTURAS DE CILINDROS DE HORMIGÓN	41

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES PUZOLÁNICOS.....	9
FIGURA 2. ESQUEMA METODOLÓGICO.....	22
FIGURA 3. DOSIFICACIÓN DEL CEMENTO, ARENA Y TOBA VOLCÁNICA	32
FIGURA 4. PREPARACIÓN DE LOS CILINDROS	33
FIGURA 5. CURADO DE CILINDROS DE HORMIGÓN	34
FIGURA 6. ROTURAS DE CILINDROS.....	35

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
GRÁFICO 1. CUADRO DE RESISTENCIAS -----	42

INTRODUCCIÓN

Actualmente la contaminación ambiental es un problema global que desde hace décadas se ha ido incrementado debido a la población mundial y a diversas actividades que intensifican estos daños, donde el sector de la construcción ha sido participe a consecuencia de escasas tecnologías sustentables que mitiguen este impacto. Por esta razón, es indispensable el desarrollado metodologías que reduzcan considerablemente la polución del planeta.

En esta investigación se analizará los problemas al no aplicar sistemas que solucione el cambio ambiental. Ciertamente, en el ámbito de la construcción se sabe que los materiales utilizados en este sector tienen un complejo método de extracción y cabe recalcar que infiere de manera invasiva en las áreas de donde se extrae por lo tanto se crea la necesidad de explotar los recursos sin ningún tipo de control haciendo que las materias primas no se aprovechen al cien por ciento ocasionando residuos y emisiones de efecto invernadero.

Consecuentemente, el estudio se orienta hacia la conservación ambiental de recursos naturales utilizados en la industria de la construcción por lo que a través del uso de la toba volcánica como elemento de la construcción el cual se gestiona bajo parámetros de sostenibilidad y sustentabilidad lo cual lo hace propicio para incorporarlo en el proyecto de investigación. Este elemento tiene la característica particular de que no se necesita explotación de cantera puesto que se lo puede encontrar en zona aledañas a volcanes y a su vez en islas de origen volcánico, por lo tanto, su extracción es nula en cuanto a contaminación.

Por esta razón se integrará la toba volcánica como objeto principal de este estudio de investigación conociendo los beneficios económicos y medioambientales que surgen a partir de utilizar un elemento sustentable que reduce considerablemente los costos de diversos aspectos de la construcción. Por lo tanto, la tesis tendrá un análisis referente a los capítulos que la componen de modo que se desarrolle un proceso científico que ampara la validación del estudio.

En primer lugar, es necesario plantear la problemática de investigación para tener una orientación más trascendente del tema y consecuentemente se elaborarán los objetivos los cuales serán primordiales para el propósito de la utilización de la toba volcánica como agregado grueso, consiguiendo así una justificación significativa al empleo de este elemento. De esta manera se elaborará una hipótesis que se llega a plantear si la toba volcánica podrá utilizarse en una mezcla de hormigón.

En segundo lugar, se ejecuta a desarrollar el capítulo del marco teórico cuya composición es básicamente la teoría científica que se debe incorporar para que el investigador se relacione con la misma debido a que es de suma importancia en la ejecución de un proyecto. También es importante, referencias trabajos internaciones y nacionales que tenga similitud con el tema a investigar para conocer sus limitaciones y orientaciones. Además, es de suma importancia, conocer las respectivas normas legales las cuales especificarán la ejecución de diversos parámetros en donde la toba volcánica debe acoplarse para ser aprobada en el proyecto de investigación.

En el capítulo tres se plantea la metodología empleada en el proyecto de investigación el cual se orienta a una investigación cuantitativa cuyo enfoque experimental nos conllevara a la recolección de datos mediante técnicas e instrumentos aplicadas a una población de probetas de hormigones cuya muestra serán los diversos prototipos planteados en el estudio. Finalmente, en el en el último capítulo se desarrolla la propuesta la cual se basa en los resultados obtenidos mediante los ensayos granulométricos de la toba volcánica y la obtención de cada resistencia mecánica de cada probeta ensayada.

CAPÍTULO I

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.Tema

Diseño de hormigón utilizando toba volcánica como medio para minimizar los impactos ambientales.

1.2.Planteamiento del problema

En el ámbito de la construcción existe una problemática bastante significativa, debido a que es una de las actividades más contaminantes del plantea, por lo tanto, es de gran interés buscar nuevas alternativas para reducir e innovar en nuevas técnicas en la ejecución de proyectos de ingeniería civil. Además, es indiscutible que los actuales métodos de extracción de materias primas son evidentemente invasivos causando grandes impactos ambientales directos, que en su mayoría pueden ser irreversibles. Por consiguiente, es importante el estudio en la orientación de nuevas metodologías sustentables que disminuyan estos efectos negativos.

Asimismo, la perspectiva hacia la utilización de nuevos componentes que cumplan características sostenibles y sustentables son muy escasas, y ello repercute al enfoque que se otorga a los recursos pocos explotados, lo cual son una opción viable pero poco aceptada, incluso estos componentes son depreciados en su gran mayoría porque se inclinan por materiales tradicionales, debido al desconocimiento con respecto a los beneficios de aplicación de elementos contemporáneos.

Este estudio tiene como planteamiento, la utilización de la toba volcánica en los diseños de hormigones, lo cual visto desde un punto económico, se fundamenta en la metodología de la extracción de este material, debido a que es de fácil acceso en comparación con el método habitual que se determina por la forma invasiva de procedencia, además posee las mismas características mecánicas y físicas de los agregados comunes utilizados en los diseños de hormigones que son aplicados en el sector de la construcción.

Paralelamente, la toba volcánica como elemento de estudio posee innumerables características entre ellas el factor económico, haciendo oportuno y accesible debido a su bajo costo de extracción, lo cual la convierte en un elemento asequible para el sector de la construcción. Por lo tanto, la toba volcánica está categorizada por ser un material de fácil extracción, que se puede conseguir de forma natural en yacimientos volcánicos, como resultado no se necesita un difícil proceso de

industrialización y se convierte en una materia prima valiosa, por lo que no se necesita una alta inversión siendo viable desde el punto de vista económico.

Además, en la última década en Ecuador, el sector de la construcción se ha incrementado notoriamente por lo que los procesos de industrialización son de alto enfoque y es prioritario que los procesos de extracción beneficie de alguna forma a las personas que desarrollan actividades en las zonas aledañas, que puedan tener acceso directo a volcanes, de cuya evolución podrían beneficiarse lucrativamente y las zonas de influencia del mismo podrán ser accesibles para su debida explotación y comercialización, generando así áreas lucrativas donde el comercio llegaría a alcanzar un gran auge económico.

Por otro lado, la orientación hacia el agregado grueso es significativo debido a que en los diseños de hormigones este elemento ocupa la tercera parte de la mezcla, entonces es evidente la priorización en la aplicación de todos los parámetros establecidos por American Concrete Institute (ACI), la cual nos permite la determinación de la dosificación en base al reemplazo del agregado grueso de este estudio que es la toba volcánica, la cual será reemplazada por este agregado frente al agregado tradicional bajo los parámetro del ACI por lo tanto la aplicación de la metodología ACI 211.1, que existe para los materiales convencionales del hormigón: arena, ripio, agua y cemento, mediante rangos establecidos, y a su vez, establecer una alternativa para dosificar con materiales no convencionales de distintas propiedades, optimizando el conocimiento en áreas poco explotadas con el principal objetivo de que se desarrollen metodologías y uso de materias poco convencionales aumente progresivamente priorizando el interés en nuevas prácticas para futuros profesionales.

En conclusión, es indispensable la búsqueda de materias prima que faciliten su extracción con el propósito de reducir el nivel de penetración que provocan impactos ambientales y así poder logra una sostenibilidad optima de recursos. Además, la toba volcánica como elemento de este estudio, tendrá una ventaja bastante significativa debido a que este material se podrá encontrar a un corto alcance facilitando así numerables problemáticas como su costo de extracción, la reducción de gases de efecto invernadero y a su vez la facilidad de reemplazar el agregado grueso común.

1.3. Formulación del problema

¿De qué manera las metodologías de extracción de materias primas se podrían mejorar para reducir el impacto ambiental haciendo uso del material de los yacimientos volcánicos?

1.4.Sistematización del problema

¿Cuáles son las características físicas y químicas de la toba volcánica?

¿Cuál sería la dosificación de los elementos en la mezcla del hormigón utilizando la toba volcánica como agregado grueso?

¿Cuáles serán las características mecánicas de la mezcla de hormigón empleando la toba volcánica como agregado grueso?

¿Cuál será el aporte ecológico de la toba volcánica en relación con el hormigón tradicional?

1.5.Objetivo General

- Diseñar una mezcla de hormigón utilizando toba volcánica como medio para minimizar los impactos ambientales.

1.6.Objetivos Específicos

- Determinar las características físicas y químicas de la toba volcánica para una correcta aplicación de esta materia prima.
- Definir la dosificación de los elementos de la mezcla de hormigón mediante toba volcánica de agregado.
- Establecer las características mecánicas propuestas en la mezcla de hormigón de la toba volcánica como agregado grueso.
- Relacionar el aporte ecológico del hormigón con toba volcánica respecto al hormigón tradicional.

1.7.Justificación de la investigación

En el ámbito de la construcción es necesaria la explotación de recursos naturales ya que la demanda de este sector crece rápidamente causando grandes daños colaterales en el planeta. Ciertamente, el enfoque de la industria se ve orientado en la extracción de elementos que se caracterizan por la difícil extracción y en su defecto desvalorizan materiales que están a corto alcance.

Además, la utilización de materiales que están a disposición inmediata es parcialmente insignificante al momento de considerarlos como la fuente principal de agregados en la producción de hormigones. No obstante, es innegable que los altos niveles de contaminación producen enfermedades debido a la intensidad de procesos de obtención, producción y tratamiento de materias primas.

De hecho la mayor parte de las actividades humanas están ligadas con la industria de la construcción causando un impacto ambiental directo, la mitad de los materiales empleados proceden de la corteza terrestre y el 40% de la energía en la fase de extracción, este hecho limita las posibilidades de reutilización y reciclado en un 28% y produciendo más de 2 toneladas de materia prima por cada metro cuadrado de vivienda que se construye, creando la necesidad de incrementar un 5% en la extracción de materia prima. (Cabello, s.f.)

Además, (Bárcena, 2016) declaró que “La tasa alarmante a la que actualmente se están extrayendo materiales ya está teniendo un impacto grave en la salud humana y la calidad de vida de las personas”, afirma Alicia Bárcena copresidenta del Panel Internacional de Recursos (IRP), dejando en evidencia la deficiencia en las metodologías empleadas en cuanto a la extracción, producción y consumo son insostenibles.

Según la Comisión económica para América latina y el caribe (Cepal, 2016), la cantidad de materias primas extraídas de la Tierra aumentó de 22 mil millones de toneladas en el año de 1970 a la alarmante cifra de 70 mil millones de toneladas en el año 2010. Los países más ricos consumen en promedio 10 veces más materiales que los países más pobres y dos veces más que el promedio mundial. Sin embargo, a escala nacional el impacto de la minería a gran escala es nefasto debido a que muchos yacimientos contienen bajo contenido metálico, la gran mayoría se encuentra a muchos metros de profundidad y algunos de ellos se encuentran mezclado con sustancias nocivas como el arsénico, plomo y mercurio.

No obstante, gracias a la ubicación geográfica del país el cual se encuentra en la zona del cinturón del fuego del pacífico brinda la peculiaridad de beneficiarse con yacimientos de materiales pétreos, entre ellas, la toba volcánica como pieza fundamental en este estudio, cuya explotación limitada hace que su comercialización sea inexistente y por lo tanto no sea empleado en la fabricación cotidiana de morteros.

1.8. Delimitación o alcance de la investigación

Campo:	Educación Superior Tercer Nivel de Grado
Área:	Ingeniería Civil
Aspecto:	Investigación Experimental
Tema:	Mezcla de Hormigón utilizando toba volcánica
Delimitación espacial:	Guayaquil- Guayas
Delimitación Temporal:	6 meses

1.9.Hipótesis de la investigación o idea a defender

El hormigón a base de toba volcánica obtendrá un alcance de resistencia a compresión igual o mayor que el hormigón convencional.

1.9.1. Variable independiente

- Características mecánicas del agregado grueso de la toba volcánica.

1.9.2. Variable dependiente

- Pruebas de laboratorio utilizando la toba volcánica.

1.10. Línea de investigación.

Tabla 1

Línea y Sublínea de investigación

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN		
ULVR	FIIC	Sublínea
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables	<ul style="list-style-type: none">• Materiales de Construcción	A. Materiales innovadores en la construcción

Fuente: Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción. Elaborado por: Romero V. (2021).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

4.1.2.1. Marco Teórico

En el proceso de desarrollo de la civilización humana el descubrimiento y aplicación de nuevos materiales o materia primas fue fundamental para garantizar la seguridad de la población, el ofrecer estructuras más resistentes, capaces de cubrir mayores espacios, ha sido uno de los retos más grandes que se debieron cubrir en la antigüedad, lo que los llevó a desarrollar materiales cementantes para unir o formar bloques de gran tamaño y resistencia para erigir grandes templos y centros de congregación.

Por ejemplo, la cultura greco romana fueron los pioneros en emplear estos materiales de construcción, tales como materiales adherentes junto con la piedra, lo que generó una serie de pruebas de mezclas con diferentes materiales, tanto volcánicos como no volcánicos, después de un proceso comparativo se logró determinar que las propiedades mecánicas de los materiales volcánicos eran mucho más favorables, dando origen a los cementos y morteros romanos, que incluían cal y materiales volcánicos, junto con arena. (Galeas, E & Guzmán, F, 2019, pág. 28)

Las diversas actividades de explotación de bancos de materiales para la construcción, son de vital importancia para el desarrollo de la economía de varios países. Un claro ejemplo son las puzolanas, elementos conocidos históricamente como material principal en la elaboración del cemento, gracias a las nuevas tecnologías se emplean como adiciones al hormigón y principalmente como reemplazo de cemento con el objetivo de elevar las prestaciones a largo plazo. El uso de estos materiales reduce los costos de producción de hormigón. El hormigón es un material compuesto que consiste principalmente de agregados (áridos) dispersos en una matriz cementicia.

“El hormigón es el segundo material más usado por el hombre, después del agua. Se estima que por cada habitante del planeta se producen como promedio 3 toneladas de hormigón cada año (Aylard Hawson, 2002)” (Licor, 2016, pág. 18); por lo que “esto representa el 57 % de todas las producciones antropogénicas, excluyendo los combustibles fósiles y los flujos de desechos (Purnell, 2013)” (Licor, 2016, pág. 18). Debido a su relativo bajo costo de producción y versatilidad, no se visualiza en el futuro cercano el remplazo del concreto por ningún otro material.

Al igual que otros productos hechos por el hombre, la fabricación de hormigón lleva asociada una huella ecológica inherente a sus procesos de manufactura. Si se compara con otros materiales

de construcción como el acero y la madera, el impacto ambiental que genera es menor en términos de unidad de producción.

2.1.1. Puzolanas.

Se prefieren puzolanas con composición química tal que la presencia de los tres principales óxidos (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3) sea mayor del 70 %. Se trata que la puzolana tenga una estructura amorfa. Existen dos diferentes tipos de puzolanas dependiendo de su origen: las naturales y las artificiales; las artificiales provienen de dos grupos principales de materiales: los naturales que generalmente son arcillas y productos o subproductos de la alfarería, producción de cerámica o polvo de ladrillo, que adquieren sus propiedades puzolánicas de procesos térmicos, por lo que también se las considera como mixtas o intermedias debido a su origen. (Galeas, E & Guzmán, F, 2019, pág. 28)

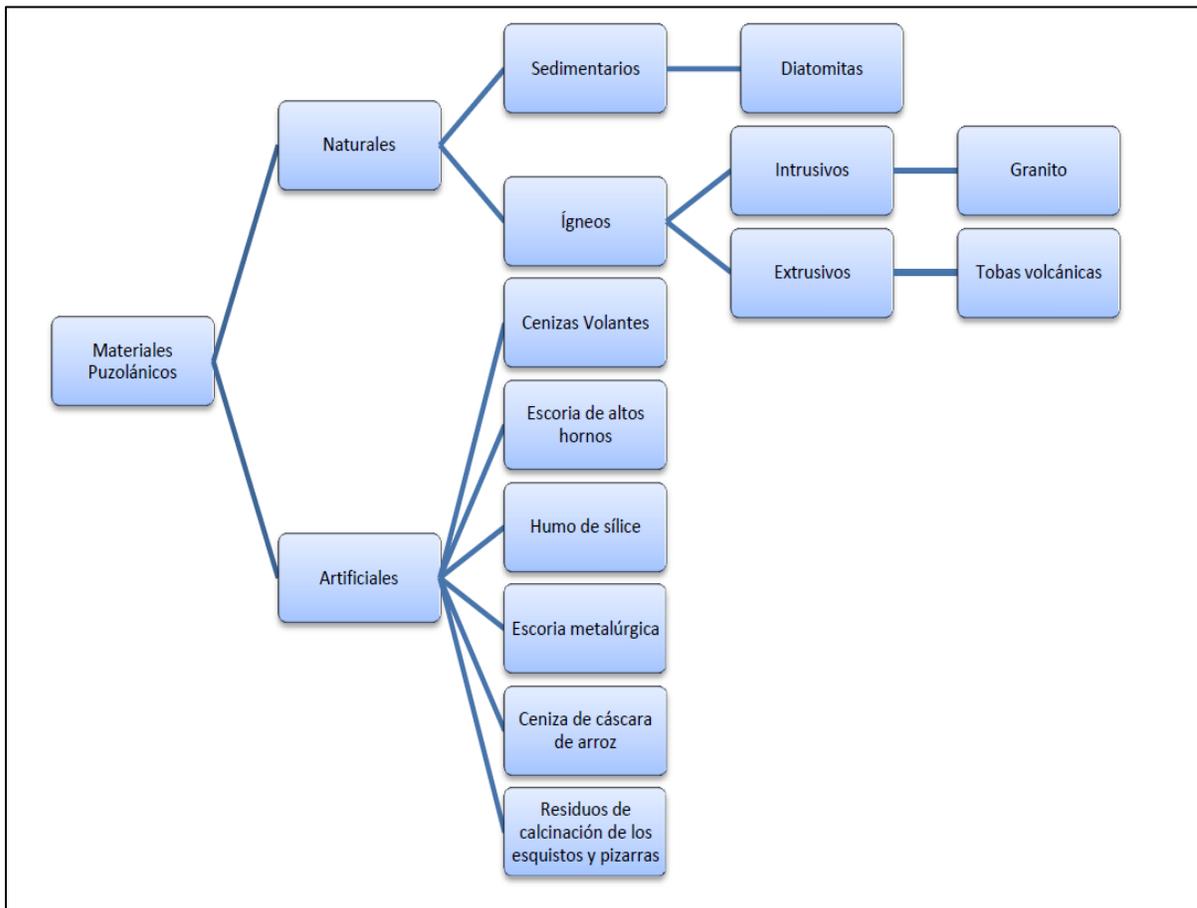


Figura 1. Clasificación de los materiales puzolánicos

Fuente: (Beltrán K, Ccama F – 2017).

2.1.1.1. Puzolanas naturales.

El código ASTM (1992), en la definición 618-78, define que las puzolanas son materiales silíceos o aluminosilíceos que por sí solos poseen poco o ningún valor cementante, pero cuando se han molido finamente y están en presencia de agua reaccionan químicamente con el hidróxido de calcio a temperatura ambiente para formar compuestos con propiedades cementantes. (Romero, 2019, pág. 30)

Las rocas volcánicas, en las que el constituyente de su formación, por el enfriamiento rápido del material volcánico de lava es expulsado sobre la corteza terrestre, varía su composición de acuerdo a su fundido. La toba volcánica es un claro ejemplo del proceso de enfriamiento de una roca volcánica, la cual está compuesta básicamente de ceniza volcánica, cuyo constituyente es el silicio (SiO_2).

2.1.1.2. Puzolanas artificiales.

Las puzolanas artificiales son aquellas que su fuente u origen principal son los subproductos industriales los cuales son tratados bajo procesos y materiales tratados térmicamente.

Tabla 2

Tipos de puzolanas artificiales

PROCESO DE LAS PUZOLANAS ARTIFICIALES	
Cenizas volantes	Este tipo de cenizas se generan a raíz de la combustión de carbón mineral (lignito), en las plantas generadoras de energía eléctrica.
Arcillas activadas o calcinadas artificialmente	Son puzolanas producidas por la quema de ladrillos y otros tipos de arcillas las cuales fueron sometidas a altas temperaturas superiores de $800\text{ }^{\circ}\text{C}$
Escorias de fundición	Se presenta en la fundición de aleaciones ferrosas en altos hornos, las cuales deben ser enfriadas para adquirir su estructura amorfa.
Cenizas de residuos agrícolas	La ceniza de cascarilla de arroz, ceniza del bagazo y la paja de la caña de azúcar, son sometidas al fuego y se logra la obtención de materiales ricos en sílice y alúmina, cuya estructura depende de la temperatura de combustión.

Elaborado por: Romero V. (2021).

2.1.2. Cemento

El cemento es un “conglomerante hidráulico es la definición más precisa del cemento, se conoce como conglomerantes hidráulicos a aquellos productos que, al ser combinados y mezclados con agua, fraguan y ganan resistencia, expuestos en condiciones de aire libre o condiciones húmedas. (Montoya, Meseguer, & Morán, 2000)” (Castro, 2020, pág. 23)

Las propiedades mecánicas que el cemento proporciona al hormigón, hacen que sea uno de los elementos más empleado para la construcción y sus composiciones y características varían de acuerdo a los diferentes proveedores. Pero debe cumplir los requerimientos basado en la norma ecuatoriana NORMA NTE INEN 2380, donde debe de cumplir los requisitos de desempeño para los cementos hidráulicos.

2.1.3. Áridos

2.1.3.1. Agregado grueso.

Castro (2020) afirma que “el agregado grueso constituye uno de los principales materiales que componen el hormigón, por tal razón asegurar la calidad de sus características es de vital importancia para así garantizar la fabricación del hormigón de buena calidad” (pg. 27).

El agregado grupo se puede clasificar en base a su origen ya sea artificial o natural. El agregado grueso natural es aquel que vascamente se extrae directamente de yacimientos, los cuales son perfectos para adicionarlos a los hormigones. Por otro lado, los agregados artificiales o triturados, son aquellos que han sufrido fragmentación de rocas de mayor tamaño bajo procesos estandarizados y certificados que avalen su calidad. El agregado grueso como componente en una mezcla de hormigón deberá estar basado en la norma ASTM C-33.

2.1.3.2. Agregado fino.

El agregado fino es básicamente en arena natural extraída de río o puede ser piedra triturada, las cuál deber ser lavada para remover impurezas. Este árido es indispensable en el constituyente de un hormigón, por lo tanto, es importante asegurar la calidad para que esta sea incorporada en la mezcla del concreto. El agregado fino como componente en una mezcla de hormigón deberá estar basado en la norma ASTM C-33. La arena debe atravesar el tamiz ASTM No 4 el cual indica que el agregado fino, sus partículas menores a 4.75 mm y se retiene en el tamiz ASTM No. 200, con una abertura de 0.075 mm.

2.1.4. Características y propiedades físicas de la toba volcánica

Las tobas vítreas en nuestro país son de origen volcano-sedimentario, son tobas de composición ácida y media, gris o cremosa, muy porosa, predominan las tobas de grano fino y medio, en ocasiones algo alteradas a montmorillonita, o a carbonato, e interstratificadas con calizas solidificadas. (Morales, 2017, pág. 18)

Mineralógicamente la toba volcánica está compuesta por alto porcentaje de sílice (SiO₂) debido a que gran parte de la matriz de esta roca es vidrio volcánico. Además, al provenir de erupciones explosivas significa que está asociada con magmas ácidos, lo que hace que sea común que este conformado por minerales de biotita, plagioclasas, cuarzo, feldespatos potásicos y moscovita.

Su composición va a depender de los minerales y rocas que contenga, pero al estar relacionado con erupciones volcánicas explosivas, significa que generalmente proviene de composición intermedia a félsicos. Por lo tanto, la toba volcánica típicamente tendría una composición intermedia a ácida es decir sobre el 55% de sílice (SiO₂).

Los materiales puzolánicos son muy conocidos actualmente, así como sus ventajas en la mejora de gran número de cementos. A partir de la década de los años 70 del siglo XX, en Cuba se han efectuado numerosas investigaciones que han elevado el conocimiento geológico del territorio nacional, así como investigaciones a nivel de laboratorio; semiindustriales e industriales que han validado las tobas meteorizadas, tobas vítreas (vidrio volcánico) y tobas zeolitizadas como puzolanas naturales, aptas para producir aglomerantes como el cemento romano y adiciones o mezclas al cemento Portland, las cuales han dejado el camino abierto a nuevas investigaciones. (Morales, 2017, pág. 18)

Los yacimientos de zeolita cubanos son de alto rendimiento en clinoptilolita y modernita, llegando en algunos casos a más de 90 %. La diseminación de los yacimientos de zeolitas por todo el país constituye un factor ventajoso para su utilización en las múltiples actividades en que se puede aprovechar, debido a que se abaratarían considerablemente los costos de transportación del mineral beneficiado. (García, 2019, pág. 15)

2.1.5. Hormigón

2.1.5.1. Generalidades.

El hormigón básicamente es el resultado de la mezcla de cemento con agregado (grava y arena) y agua. Su característica estructural más importante es que es resistente a los esfuerzos de compresión, pese a su deficiencia frente a otros esfuerzos como la tracción, flexión, cortante. Por

lo tanto, es usado con el hacer, el cual recibe el nombre de hormigón armado u hormigón reforzado. Además, el hormigón puede ser modificado en base a sus características, es decir, se le puede añadir aditivos, los cuales están en comercialización variadas del mismo tales como; aditivos reductores de agua, aditivos incorporadores de aire, aditivos anti desgaste, aditivos de aceleración de fraguado, aditivos retardantes y aditivos impermeabilizantes.

2.1.6. Propiedades físicas y mecánicas del hormigón

2.1.6.1. Propiedades del hormigón fresco.

El concreto fresco es un material heterogéneo el cual posee esta denominación debido a su fase de mezcla el al concreto se le adiciona los diversos agregados (grava y arena) y el agua los cuales hayan sido previamente mezclados y en su última fase cuando hay que colocarlo en su posición final, es decir, cuando se haya dado su acabado superficial y curado inicial. El hormigón fresco posee múltiples propiedades detalladas a continuación.

2.1.6.1.1. Consistencia.

Es la capacidad del hormigón fresco de deformarse. La consistencia puede depender de varios factores como son: cantidad de agua de amasado, el tamaño máximo, la granulometría y la forma de los agregados. La consistencia se puede medir mediante el ensayo del cono de Abrams, de acuerdo a la consistencia del hormigón se clasifican en: seca, plástica, blanda, fluida y líquida. Como se indica en la figura donde se indica cada de tipo de consistencia en función de su asentamiento.

Tabla 3

Asentamiento del cono de Abrams en base a la consistencia

ASENTAMIENTO EN EL CONO DE ABRAMS	
Tipo de consistencia	Asentamiento (cm)
Seca (S)	0-2
Plástica (P)	3-5
Blanda (B)	6-9
Fluida (F)	10-15
Líquida (L)	16-20

Nota: rangos de asentamientos del cono de Abrams.

Fuente: <https://ingeniero-de-caminos.com>.

Elaborado por: Romero V. (2021).

2.1.6.1.2. Docilidad.

La docilidad del hormigón es básicamente la facilidad en la que una mezcla de áridos (grava y arena), cemento y agua se transforman en hormigón, y esta tiene la facilidad de ser manejado, transportado, colocado y compactado en los moldes o encofrados con una mínima pérdida de homogeneidad. Principalmente se mide mediante el descenso en centímetros en el ensayo del cono de Abrams.

2.1.6.1.3. Homogeneidad.

Es la propiedad en la cual el hormigón puede distribuirse con toda su masa en iguales proporciones, su composición constituida generalmente por elementos sólidos muy diferentes y de líquidos, la hace una masa heterogénea. Una óptima mezcla de hormigón y su homogeneidad dependerá del amasado.

2.1.6.2. Propiedades del hormigón endurecido.

El hormigón endurecido se efectúa a partir del final de fraguado, se inicia una reacción química haciendo endurecer la mezcla, dicha mezcla empieza a ganar resistencia y durabilidad. Se considera al hormigón endurecido a la etapa en la cual el hormigón alcanza cierta resistencia mecánica, comúnmente se conoce que a los 7 días de edad el hormigón debe alcanzar entre el 70% y 80% de su resistencia final, teniendo como punto de referencia para saber si se lograra obtener la resistencia de diseño. (Cando, 2016, pg. 45). Las propiedades del hormigón endurecido se pueden categorizar en; propiedades físicas y mecánicas.

Propiedades físicas

2.1.6.2.1. Densidad

La densidad del hormigón endurecido dependerá de la naturaleza de sus componentes, en base a la granulometría y forma de compactación. Cando (2016) afirma que “ La densidad normalmente experimenta ligeras variaciones con el tiempo, las que provienen de la evaporación del agua de amasado hacia la atmosfera y que puede significar una variación de hasta un 7% de su densidad inicial (pg. 46).

2.1.6.2.2. Compacidad

La compacidad está directamente relacionada con la densidad, así como de los factores de los cuales depende esta, como es el método de compactación utilizado. Ya que el objetivo de la compactación es que en un volumen determinado se introduzca la mayor cantidad posible de

agregados y llenar los huecos con pasta de cemento para eliminar por completo las burbujas de aire. (Cando, 2016, p.24)

2.1.6.2.3. Retracción

El hormigón es un material inestable volumétricamente, este cambio que sufre el material se debe al proceso de fraguado, en la cual se produce una pérdida de agua. Dicha pérdida genera tensiones internas de tracción, que dan lugar a las fisuras por retracción. (Cando, 2016, p. 47)

Propiedades mecánicas

2.1.6.2.4. Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión del concreto se determina bajo pruebas de laboratorio, las cuales deben regirse a las normas respectivas NTE INEN 1, donde dicha mezcla se tomara muestras y serán adoptadas en probetas sometiendo a cargas de compresión para su posterior análisis de la resistencia del concreto. El hormigón debe cumplir con los requisitos de este capítulo para la determinación de la resistencia a la compresión de especímenes de hormigón de cemento hidráulico y así satisfacer los requisitos de resistencia estructural. Se usarán los siguientes valores de resistencia especificada a la compresión:

2. Valor mínimo para el hormigón normal: $f^c = 21$ MPa.
3. Valor máximo para elementos de hormigón liviano: $f^c = 35$ MPa.

Es una de las propiedades más importantes del concreto, debido a su uso fin estructural. Su determinación se realiza mediante ensayos normalizados en probetas cilíndricas cuyo procedimiento se describe en la norma ASTM C-31 y ASTM C-39, las cuales describen los procedimientos para: elaborar probetas y determinar la resistencia a compresión del hormigón usando muestras representativas de hormigón fresco. (Cando, 2016, p. 48)

En palabras sencillas, la resistencia a la compresión se calculará dividiendo la carga máxima obtenida durante el ensayo de falla con el área de aplicación de la carga. La resistencia del concreto se controla mediante la dosificación de cemento, agregados gruesos y finos y agua. La relación del agua con el cemento es el principal factor para determinar la resistencia del concreto. (Ayuque, 2019, p. 51)

2.1.6.2.4. Resistencia a la tracción

La resistencia a la tracción por compresión diametral se utiliza en el diseño de miembros estructurales de hormigón ligero para evaluar la resistencia a la corte proporcionada por el hormigón y para determinar la longitud de desarrollo de refuerzo. Generalmente no se toma en

cuenta la resistencia a tracción del hormigón para efectos estructurales, al no ser un material dúctil, no soporta esfuerzos a tracción, pero juega un papel importante en ciertos fenómenos como el análisis de fisuras, tensiones cortantes y problemas torsionales. (Cando, 2016, p. 46)

La resistencia a la tracción se midió mediante el ensayo de compresión diametral según la norma ASTM C496 y se determina con la siguiente expresión:

$$f^c = \frac{P}{Ac}$$

F_t = Esfuerzo a tracción.

P = Carga aplicada.

H_c = Longitud del cilindro.

D = Diámetro del cilindro

2.1.6.2.5. Resistencia a la flexión

La resistencia a la flexión del hormigón es una medida indirecta de la resistencia a la tracción, el parámetro que refleja este estado de carga se conoce como módulo de ruptura, se determina mediante ensayos a vigas prismáticas de hormigón simplemente apoyadas, aplicando cargas en los tercios de su claro de apoyo (ASTM C78) o carga en el punto medio (ASTM C293). (Cando, 2016, p. 50)

Según en la norma ACI-318 la resistencia a la tracción del concreto sometido a flexión (módulo de ruptura) es una propiedad más variable que la resistencia a la compresión y es aproximadamente igual al 10 a 15 por ciento de la resistencia a la compresión. En el cálculo de la resistencia a flexión, conservadoramente la resistencia a la tracción del concreto sometido a flexión no se toma en cuenta. No obstante, la resistencia del concreto en tracción es importante en la evaluación de la fisuración y las deflexiones a nivel de cargas de servicio.

2.2. Marco Referencial

Según José Baquerizo y Luis Baquerizo (2018) autores ecuatorianos de la tesis titulada “Uso de arena volcánica en la elaboración de mortero premezclado para revestimiento de paredes”, quien expresa que el estudio evaluó la factibilidad del uso de la arena volcánica para la preparación de morteros de concreto, donde se evaluó las propiedades de dicho agregado por medio de las pruebas de granulometría, clasificación de suelos, gravedad específica, absorción de agregado fino y peso unitario.

Según Galeas Erick y Guzmán Francisco (2020) autores ecuatorianos de la tesis titulada “Propuesta de dosificación de hormigón reemplazando el cemento en diferentes porcentajes de

peso, con ceniza volcánica del Tungurahua; identificando la influencia de utilizar la fracción fina, gruesa y completa”, quienes expresen que al analizar las propiedades de la ceniza volcánica del Tungurahua mediante ensayos de Difracción por Rayos X y Fluorescencia, se obtuvo que los componentes principales de este material, aluminatos y silicatos forman enlaces que mejoran la resistencia a la compresión del hormigón al entrar en contacto con el Óxido de Calcio; es importante recalcar que la ceniza volcánica no es capaz de generar pasta cementante en reacción hidráulica, por lo que necesita entrar en contacto con Hidróxido de Calcio generado al reaccionar el cemento con el agua, lo cual se evidencia en las siguientes conclusiones.

Según Castro Erick (2020) autor ecuatoriano de la tesis titulada “Estudio de la sustitución parcial de cemento de alta resistencia inicial por puzolana de ceniza volcánica en el diseño de hormigón”, afirma que, mediante las pruebas de consistencia normal de cemento, se demostró que la proporción de agua indispensable para una total hidratación de las partículas de cemento se ve disminuida conforme la cantidad de puzolana reemplazada en la pasta de cemento es mayor. tendencia que se puede representar mediante la ecuación lineal: $cn = -0.13(\%p) + 0.28$, para valores de reemplazo de puzolana del 0 al 20%.

Según Morales Alain (2017) autor cubano de la tesis titulada “Empleo de tobas en la producción de bloques huecos de hormigón”, quien expresa que desde el punto de vista químico y mineralógico se predice que los materiales reúnen las condiciones para ser considerados potencialmente materiales puzolánicos. La suma del contenido de óxido de silicio, óxido de aluminio y óxido de hierro, es superior al 70 % que se establece como valor mínimo en la norma NC TS 528:2013 para las puzolanas naturales en Cuba.

Según Tupa Alberto (2018) autor peruano de la tesis titulada “Concreto estructural liviano con escoria y ceniza volcánicas del distrito de yura”, quien expresa que la escoria y ceniza volcánicas son aptas física y químicamente para la elaboración de concreto estructural liviano.

Según Tupa Alberto (2018) autor peruano de la tesis titulada “Concreto estructural liviano con escoria y ceniza volcánicas del distrito de yura”, quien expresa que es posible obtener resistencias estructurales normales y altas a partir del uso de escoria y ceniza volcánicos en concreto, se cumplen ampliamente las resistencias mínimas de compresión y tracción sugeridas por el ACI 211.2-98.

Según Romero Leonardo (2019) autor cubano de la tesis titulada “Potencialidades de las tobas vítreas para su uso como aditivo puzolánico en la localidad de Flores. Municipio de Banes”, afirma

que, desde el punto de vista teórico al considerar la composición química, granulométrica y mineralógica, los materiales reúnen las condiciones para ser considerados potencialmente materiales puzolánicos naturales.

4.2.2.3. Marco Conceptual

2.3.1. Toba

Es una roca volcánica de consistencia porosa y ligera, la cual se forma por la acumulación de ceniza volcánica los cuales son liberados mediante erupciones volcánicas violentas.

2.3.2 Puzolana

Es un elemento que contiene sílice o aluminio a partir de los cuales se obtenía el cemento, desde la antigüedad donde los Romanos la adaptaron hasta la invención del cemento portland en el siglo XIX. En general se define a las puzolanas como un material mineralógico que, independientemente de su tipo u origen, no tiene propiedades cementicios ni de reacción hidráulica por sí solas. (Galeas, E & Guzmán, F, 2019, pág. 28)

2.3.3. Hormigón

“El hormigón es una roca artificial fabricada a partir de piedras o agregados y una pasta de unión o argamasa, en diversos países se ha empleado diversos tipos de materiales extras para fabricar hormigón y darle ciertas propiedades físicas y mecánicas dependiendo de las necesidades estructurales que una edificación tenga (Luna, 2014)”. (Galeas, E & Guzmán, F, 2019, pág. 30)

2.3.4. Agregados

Los agregados son la combinación de arena, grava o roca triturada en su estado natural. Son el resultado de un proceso natural en la que actúan el agua y el viento como agentes, y estos son encontrados generalmente en su estado natural como en valles, montañas, ríos. Estos materiales poseen una composición granular. (Rodríguez, 2017) afirma: “Son aquellas materias de forma granular o fibrosa que, con preparación especial o sin ella han de ser unidos entre sí por un aglomerante, para conformar los hormigones y morteros” (p.22)

2.3.5. Cemento

El cemento es la mezcla de agregados de arena, grava, agua y aditivos el cual da como resultado el hormigón tradicional, la calidad del mismo dependerá de los agregados los cuales definirían su humedad y temperatura por lo que básicamente representara en factores tales como la resistencia y durabilidad.

2.3.6. Mortero

Un mortero está compuesto básicamente por uno o más aglomerantes, agregados finos, agua y de manera opcional aditivos para mejorar las propiedades físicas, químicas y mecánicas del mortero. (Baquero, L & Baquero, J, 2018, pág. 29)

2.3.7. Agua

El agua es recurso no renovable el cual cumple un papel importante en la construcción el cual es adicionado en la mezcla de un hormigón. Además, el agua debe apearse a las normativas existentes para ser dosificada en la mezcla de hormigón.

2.4. Marco Legal

2.4.1. Norma ecuatoriana de la construcción

Las normas ecuatorianas de la construcción nos dan reglamentos y especificaciones respecto a los agregados y a las mezclas de hormigón, cuyos parámetros nos garantizan su calidad.

- Guía práctica para el diseño de estructuras de hormigón armado de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015.
- Cementos: los cementos hidráulicos deben cumplir con los requisitos contemplados en las siguientes normas:
 - Cemento Portland de los tipos I a V, incluyendo los subtipos IA, IIA y IIIA, que
 - cumplan con los requisitos contemplados en la norma NTE INEN 152 (ASTM C 150);
 - Cemento compuesto tipo IP cumplirá con los requisitos de la norma NTE INEN 490 (ASTM C 595);

2.4.2. Agregados

Esta norma establece el método de ensayo para obtener la granulometría de los agregados finos y gruesos.

- Los agregados para el mortero de pega, deben cumplir con la norma NTE INEN 2536 (ASTM C144) y estar libres de materiales contaminantes que puedan deteriorar las propiedades del mortero.
- NTE INEN 696 (ASTM C136): Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso.
- NTE INEN 695 (ASTM D75): agregados. Muestreo.
- NTE INEN 697 (ASTM C117): Determinación del material fino que pasa el tamiz con aberturas de 75 μm «micrómetros» (No. 200) mediante lavado.

- NTE INEN 698 (ASTM C142): Determinación del contenido de terrones de arcilla y partículas desmenuzables.
- NTE INEN 855 (ASTM C40): Determinación de las impurezas orgánicas en el agregado fino para hormigón.
- NTE INEN 856 (ASTM C128): Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado fino.
- NTE INEN 859 (ASTM C70): Determinación de la humedad superficial en el agregado fino.
- NTE INEN 862 (ASTM C566): Determinación del contenido total de humedad.

2.4.3. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)

Materiales de construcción.

Normas que deben cumplir los materiales de construcción serán evaluados y verificados por los organismos competentes, para que cumplan con los requisitos, conforme con él 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.

- NTE INEN 152 (ASTM C 150). Porcentaje máximo sobre el total de materiales cementantes en masa. Las cenizas volantes u otras puzolanas y el humo de sílice, no deben constituir más del 25% y 10%, respectivamente, de la masa total de materiales cementantes.
- NTE INEN 492. Establece la extracción de las muestras de puzolanas y preparación de la mismas para los respectivos ensayos.
- NTE INEN 494. Esta norma establece los requisitos de las puzolanas naturales.
- NTE INEN 1 501:2011. Hormigón de cemento Portland, en base a ceniza volante o puzolana natural para uso en el hormigón, estableciendo los procedimientos de muestreo y ensayos.
- NTE INEN 2 565:2010. Determina la efectividad de la puzolana o de la escoria molida la cual mediante el ensayo ayuda a determinar la efectividad de la puzolana en las mezclas de cemento portland.

Agua.

- El agua utilizada para el mortero de pega debe estar libre de elementos perjudiciales tales como aceites, ácidos, alcoholes, sales, materias orgánicas u otras sustancias que puedan

ser dañinas. ASTM C 1602, el agua utilizada debe apegarse a la normativa para la mezcla de hormigón.

Ensayos de laboratorio.

Las normativas INEN nos brindara los parámetros a seguir en los diferentes ensayos que se requiere aplicar en una mezcla hormigón.

- NTE INEN 1 573:2010. Determina de la resistencia a la compresión en especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico.
- NTE INEN 2648:2013. Determina de la resistencia a la compresión en especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico.
- NTE INEN 1 576:2011. La norma establece los procedimientos para la elaboración y curar cilindros.

American Society of Testing Materials (ASTM).

- ASTM C29/C29M-07. Método de ensayo estándar para determinar la densidad en masa (peso unitario) e índice de huecos en los agregados.
- ASTM C136-05. Método de ensayo normalizado para la determinación granulométrica de agregados finos y gruesos

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.Marco Metodológico

La formulación del marco metodológico en una investigación es permitir el descubrimiento de los supuestos del estudio para reconstruir datos, a partir de conceptos teóricos habitualmente operacionalizados. Todo lo anterior significa detallar cada aspecto seleccionado para desarrollar dentro del proyecto de investigación que deben ser justificado por el investigador. (Azüero, 2018, pág. 2)

En este proyecto de titulación, el tipo de investigación a trabajar es una investigación experimental. La evaluación de la toba volcánica como agregado grueso en la mezcla de hormigón se llevará a cabo mediante la realización de los respectivos ensayos en donde se busca analizar las características físicas y físicas-mecánicas del comportamiento de este material, el cual debe ajustarse a los parámetros de calidad de las normativas vigentes para ser validos en la ejecución de proyectos de construcción.

A continuación, se expone un modelo esquemático, el cual ejemplifica la metodología empleada en este capítulo de la investigación.



Figura 2. Esquema metodológico
Elaborado por: Romero V. (2021).

3.2. Tipo de investigación

El diseño de la investigación de este proyecto es de tipo experimental, el cual corresponde a estudios, para cuyo desarrollo se busca o requiere examinar el comportamiento de los fenómenos o hechos. La experimentación se orienta hacia el estudio de relaciones de causalidad entre las variables independiente y dependiente, para la descripción, análisis y/o explicación de los fenómenos, según sea la profundidad o alcance del estudio. (Mata, 2019)

De esta manera, dicha experimentación implica, tanto la manipulación de la variable o variables independientes; la medición o valoración del efecto que dicha manipulación tiene sobre la variable o las variables dependientes; y, necesariamente, el control sobre el proceso y los procedimientos de experimentación en sí mismos.

“Según Hernández, Fernández y Baptista (2010, p. 122-128) (Mata, 2019), son tres requisitos de un experimento, respecto de los cuales, dichos autores plantean lo siguiente: El primer requisito es la manipulación intencional de una o más variables independientes. La variable independiente es la que se considera como supuesta causa en una relación entre variables, es la condición antecedente, y al efecto provocado por dicha causa se le denomina variable dependiente (consecuente). El segundo requisito consiste en medir el efecto que la variable independiente tiene en la variable dependiente. El tercer requisito que todo experimento debe cumplir es el control o la validez interna de la situación experimental. El término “control” tiene diversas connotaciones dentro de la experimentación; sin embargo, su acepción más común es que, si en el experimento se observa que una o más variables independientes hacen variar a las dependientes, la variación de estas últimas se debe a la manipulación de las primeras y no a otros factores o causas; y si se observa que una o más variables independientes no tienen un efecto sobre las dependientes, se puede estar seguro de ello. (pp. 122-128)” (Mata, 2019).

3.3. Enfoque

El enfoque de este proyecto de titulación el cual se trabajar es el enfoque cuantitativo, en cuyo contexto, básicamente se analizarán los resultados obtenidos en el desarrollo de los ensayos. En investigaciones cuantitativas, la experimentación se orienta hacia el estudio de relaciones de causalidad entre las variables independiente y dependiente, para la descripción, análisis y/o explicación de los fenómenos, según sea la profundidad o alcance del estudio. (Mata, 2019). La planificación de un estudio con enfoque cuantitativo se concreta en un diseño de investigación que

consiste, fundamentalmente, en la estrategia y el plan de trabajo definidos por quien investiga, de forma coherente con el planteamiento del problema de investigación.

Consecuentemente, dado que todas las etapas del proceso investigativo se encuentran interrelacionadas, el diseño de investigaciones con enfoque cuantitativo guarda estrecha relación, tanto con el planteamiento del problema y la formulación de los objetivos, como con la profundidad o alcance del estudio. Si el diseño está concebido cuidadosamente, el producto final de un estudio tendrá mayores posibilidades de éxito para generar conocimiento. (Mata, 2019)

3.4. Técnicas e instrumentos

Las técnicas empleadas en este estudio tendrán como objetivo principal obtener los datos o la información en la cual podremos analizarlos mediante los diferentes tipos de instrumentos que se acoplen al estudio. La metodología utilizada para la presente investigación hace referencia a una investigación cuantitativa de tipo experimental en el que se deberá obtener los datos referentes a los resultados del estudio. Se realizarán los siguientes ensayos como técnica en la recolección de datos.

Tabla 4

Aplicación de las técnicas de recolección de datos

Técnicas	Instrumentos
Ensayos de laboratorio	Equipos
Contenido natural de humedad ASTM C-566	Balanza
Granulometría ASTM C-136	Prensa para rotura de cilindros (Marca Versatester)
Peso Unitario ASTM C- 29	Tamices
Gravedad Especifica y Absorción ASTM C- 128, 127	Horno

Elaborado por: Romero V. (2021).

3.5.Población

El presente proyecto el cual se basa en una investigación experimental hace que sea nula la existencia de la población, puesto que el diseño de la mezcla de hormigón con toba volcánica es original y no existen áreas donde se pueda vincularla.

3.6.Muestra

La muestra de este estudio se centrará en la cantidad de cilindros de hormigón usando como agregado grueso la toba volcánica.

Tabla 5

Muestras de cilindro de hormigón

Cilindros	Roturas(días)			Total
	7	21	28	
Hormigón Tradicional	3	3	3	9
Hormigón (½Toba volcánica + ½ piedra ¾")	3	3	3	9
Hormigón con Toba volcánica	3	3	3	9

Elaborado por: Romero V. (2021).

CAPÍTULO IV

INFORME FINAL

4.3. Propuesta

En este capítulo se presentan los resultados experimentales previamente obtenidos por los respectivos ensayos, de los cuales se confirma la hipótesis planteada, la cual hace referencia a que el uso de la toba volcánica como remplazo del agregado grueso tradicional obtendrá un alcance de resistencia a compresión igual o será superior a las del diseño tradicional de hormigones, puesto que mediante los ensayos mecánicos se pudo comprobar que la toba volcánica es un árido apto para el diseño de hormigones.

Una vez obtenido los datos provenientes de los ensayos, teniendo la seguridad que cumplen con los parámetros establecidos por las normativas ecuatorianas y extranjeras, las cuales evalúan tanto a los materiales como a la preparación de las mezclas de hormigón, se procederá a hacer un análisis entre las diferentes dosificaciones empleando la toba volcánica. Una vez establecida la dosificación, se calcula la cantidad de muestras de cilindro para obtener las resistencias y estas serán obtenidas mediante las roturas en 7, 21 y 28 días.

4.4. Huella ecológica del hormigón con toba volcánica y su reducción de impactos ambientales en la construcción.

En el área de la construcción, la extracción de materias primas representa un factor altamente contaminante para el medio ambiente y su huella ecológica, que se ve expuesto principalmente por el uso de piedras calizas comúnmente utilizadas en la elaboración de hormigón tradicional. Por lo que la obtención de recursos naturales accesibles es necesario para la reducción de impacto ambiental en la construcción. Bajo este contexto se presenta la toba volcánica como un elemento natural cuyas características permiten que sea sostenible y sustentable desde su obtención hasta su presentación como elemento en la construcción.

Generalmente, la excesiva extracción de agregados que se utilizan para realizar el hormigón tradicional genera una afectación negativa en la huella de carbono, que resulta de la explotación de canteras generando residuos contaminantes y gases de efecto invernadero. Sin embargo, la toba volcánica se caracteriza por su origen natural, cuya formación se basa en la acumulación de ceniza volcánica, por esta razón se logra extraer con facilidad en los yacimientos pétreos y zonas aledañas

de origen volcánico. Consecuentemente, no se necesita la explotación de canteras para su obtención, debido a esto representa un bajo porcentaje en cuanto a contaminación ambiental.

Adicionalmente, durante la fase de extracción de los diferentes agregados empleados en una mezcla de hormigón, se manifiestan factores y actividades contaminantes que van desde el uso de material metálico y explosivo, hasta la transportación a través de vehículos de carga pesada que causan polución.

Por todo lo mencionado, el diseño de la mezcla de hormigón con toba volcánica y sus propiedades de extracción y posterior empleo en la fase de fabricación de morteros, representan una alternativa óptima para reducir el impacto ambiental producido en el sector de la construcción.

4.5.Ejecución de la propuesta

Es de carácter primordial que, para desarrollar el estudio de la propuesta planteada, se procede a realizar los respectivos ensayos de laboratorio al agregado grueso de la toba volcánica para determinar sus características mecánicas con el único propósito es asegurar que se estudien bajo las normas ASTM la cual es necesaria para comprobar que los materiales ensayados cumplan los requisitos para ser utilizados en hormigones.

La toba volcánica fue sometida a estos ensayos para poder determinar su viabilidad como agregado grueso con el objeto de conocer tanto sus características mecánicas como su composición y a su vez para poder utilizarlos en las cantidades óptimas dentro de las respectivas dosificaciones propuestas en el proyecto de investigación, así como también a los agregados finos y gruesos del diseño tradicional, los resultados de los ensayos se muestran a continuación. Anexos (1-9).

- Contenido natural de humedad ASTM C-566
- Granulometría ASTM C-136
- Peso Unitario ASTM C- 29
- Gravedad Especifica y Absorción ASTM C- 128, 127
- Abrasión ASTM C- 131

4.6. Ensayos del agregado grueso con toba volcánica

Tabla 6

Contenido de humedad

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		CONTENIDO DE HUMEDAD	
NORMA ASTM C 566			
Muestra:	1	Solicitante:	
Origen:	grava toba volcánica	Ensayado:	G.V.
Para:	tema de tesis	Calculado:	G.V.
Fecha:	octubre 15 del 2020	Informe N°	
Tamaño máximo nominal:		mm	
Masa de la muestra original (ver tabla)		7.000,0	g
Masa de la muestra seca		6.897,0	g
Contenido de humedad		1,5	%
Tamaño máximo nominal del agregado		Masa mínima	
(mm)	Tamiz No.	(kg)	
4,75	4	0,5	
9,5	3/8"	1,5	
12,5	1/2"	2	
19,0	3/4"	3	
25,0	1"	4	
37,5	1 1/2"	6	
50,0	2"	8	
			
Laboratorista			

Fuente: ensayo de laboratorio. Elaborado por: Romero V. (2021).

Tabla 7

Granulometría de la toba volcánica

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		ANÁLISIS POR TAMIZADO DE AGREGADOS			
NORMA ASTM C 136					
Muestra:	1			Solicitante:	
Origen:	Grava toba volcánica			Ensayado:	G.V.
Para:	tema de tesis			Calculado:	G.V.
Fecha:	15 de octubre del 2020			Nº Laborat:	
Descripción:		Peso seco inicial (g), ver tabla:			6897,0
Tamiz Nº	Abertura (mm)	Ret. Parcial (gr)	Ret. Acumulado (gr)	% Retenido	% Que pasa
3/4"	19	0,0	0,0	0	100
1/2"	12,50	305,0	305,0	4	96
3/8"	9,5	2455,0	2760,0	40	60
Nº 4	4,75	3371,0	6131,0	89	11
Nº 8	2,4	622,0	6753,0	98	2
			6753,0	98	2
			6753,0	98	2
BANDEJA		144,0	6897,0	100	0

Curva Granulométrica

Malla Nº	% Que Pasa (Agregado fino)	Límite Superior (ASTM C 33)	Límite Inferior (ASTM C 33)
3/4"	100	100	100
1/2"	96	100	90
3/8"	60	70	50
Nº 4	11	15	5
Nº 8	2	10	0

--- Límites ASTM C 33 — Agregado fino

Laboratorista

Fuente: ensayo de laboratorio. Elaborado por: Romero V. (2021)

Tabla 8

Peso unitario de la toba volcánica

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		PESO UNITARIO EN AGREGADO		
NORMA ASTM C 29				
Muestra:	1	Solicitante:		
Origen:	agregado toba volcánica	Ensayado:	G.V.	
Para:	tema de tesis	Calculado:	G.V.	
Fecha:	16 de octubre del 2020	Informe N°		
Descripción:	Grava triturada gris			
V: volumen del recipiente, ver tabla		2.750	cm ³	
T: masa del recipiente		2.130	g	
Msr: masa agregado suelto + recipiente		5.976	g	
Mcr: masa agregado compactado + recipiente		6.231	g	
Ms: masa agregado suelto Msr - T		3.846	g	
Mc: masa agregado compactado Mcr - T		4.101	g	
Peso unitario suelto		1.399	kg/m³	
Peso unitario compactado		1.491	kg/m³	
			Tamaño máximo nominal mm (plg)	Capacidad del recipiente pie ³ (lt)
			<= a 12.5 (1/2)	1/10 (2.8)
			25.0 (1)	1/3 (9.3)
			37.5 (1 1/2)	1/2 (14.0)
			75.0 (3)	1 (28.0)
				
Laboratorista				

Fuente: ensayo de laboratorio. Elaborado por: Romero V. (2021).

Tabla 9

Gravedad específica y absorción.

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO		
NORMA ASTM C 127				
Muestra:	1		Solicitante:	
Origen:	agregado toba volcànica		Ensayado:	G.V.
Para:	tema de tesis		Calculado:	G.V.
Fecha:	16 de octubre del 2020		Informe N°	
Tamaño máximo nominal:			mm	
Datos:				
A: Peso seco de la muestra en aire, ver tabla			3.000,0	g
B: Peso en estado sss de la muestra en aire			3.211,0	g
C: Peso en agua de la muestra saturada			1.632,0	g
Densidad y absorción:				
G_s : gravedad específica seca			1.900	kg/m ³
G_{sss} : gravedad específica en sss			2.034	kg/m ³
G : gravedad específica aparente			2.193	kg/m ³
P_o : porcentaje de absorción de agua			7,03	%
Fórmulas:			Tamaño nominal	Peso mínimo de
G _s = A/(B-C)		G = A/(A-C)	mm (plg)	muestra (kg)
G _{sss} = B/(B-C)		P _o = ((B-A)/A) x100	12.5 (1/2)	2
			19.0 (3/4)	3
			25.0 (1)	4
			37.5 (1 1/2)	5
			50.0 (2)	8
			63.0 (2 1/2)	12
			75.0 (3)	18
				
Laboratorista				

Fuente: ensayo de laboratorio. Elaborado por: Romero V. (2021).

Tabla 10

Abrasión

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN DE AGREGADO GRUESO DE PEQUEÑO TAMAÑO POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE "LOS ANGELES"			
NORMA ASTM C 131					
Muestra:	1			Solicitante:	
Origen:	agregado toba volcánica			Ensayado:	G.V.
Para:	tema de tesis			Calculado:	G.V.
Fecha:	16 de octubre del 2020			Informe N°	
Tamaño máximo nominal:	37,5	mm			
Gradación A, B, C ó D, ver tabla			A		
Peso inicial de la muestra con tamaño menor a (37.5 mm)			5.007	g	
Número de esferas, ver tabla			12		
Peso seco retenido en el tamiz No.12 después de 100 revoluciones			4.532	g	
Peso seco retenido en el tamiz No.12 después de 500 revoluciones			3.211	g	
Relación entre la pérdida a las 100 revoluciones y la pérdida a las 500 revoluciones, uniformidad de desgaste			0,26		
Porcentaje de pérdida			36	%	
Tamiz No, mm (plg)		Gradación			
Pasante	Retenido	A	B	C	D
37.5 (1 1/2)	25 (1)	1.250 +/- 25	-	-	-
25 (1)	19 (3/4)	1.250 +/- 25	-	-	-
19 (3/4)	12.5 (1/2)	1.250 +/- 10	2.500 +/- 10	-	-
12.5 (1/2)	9.5 (3/8)	1.250 +/- 10	2.500 +/- 10	-	-
9.5 (3/8)	6.3 (1/4)	-	-	2.500 +/- 10	-
6.3 (1/4)	4.75 (No. 4)	-	-	2.500 +/- 10	-
4.75 (No. 4)	2.36 (No. 8)	-	-	-	5.000 +/- 10
Total		5.000 +/- 10	5.000 +/- 10	5.000 +/- 10	5.000 +/- 10
Número de esferas		12	11	8	6
Peso de esferas (carga) g		5.000 +/- 25	4.584 +/- 25	3.330 +/- 20	2.500 +/- 15
					
Laboratorista					

Fuente: ensayo de laboratorio. Elaborado por: Romero V. (2021).

4.7. Dosificación.

La dosificación es pieza fundamental en la elaboración de cilindros de hormigón. Es importante el uso adecuado en base a la proporción de los materiales como los áridos, el cemento, agua y arena la cual mezclándola se forma la pasta y esta deberá alcanzar los parámetros de resistencia, consistencia y calidad deseados. En primera instancia se debe fijar la resistencia con la que se va a elaborar los cilindros de hormigón, se elige el tipo de hormigón, se determina la relación agua /cemento, determinar el porcentaje de vacíos y densidad real de agregados, calcular las cantidades de cemento, agua, y agregados.



Figura 3. Dosificación del cemento, arena y toba volcánica
Elaborado por: Romero V. (2021).

4.8. Elaboración de las probetas de cilindro de hormigón

En este proyecto de investigación se procedió a realizar diseños de hormigones de $f'c = 210$ kg/cm² de acuerdo a los parámetros e indicaciones convencionales cuya dosificación es de 1:2:3. Luego el segundo diseño se experimentó con una proporción media en cuanto al agregado grueso, es decir; 1 saco de cemento, 2 sacos de arena y $\frac{1}{2}$ sacos (Toba volcánica) + $\frac{1}{2}$ (piedra $\frac{3}{4}$ ") y por último se hizo un diseño reemplazo del agregado grueso con la toba volcánica. En efectos estos diseños de mezclas de hormigón nos darán resultados para su posterior análisis por cada uno de los diseños propuestos.

4.9.Elaboración de la mezcla

Una vez realizadas las dosificaciones, se procedió a la elaboración de los cilindros de hormigón con las mezclas propuestas y diseños planteados de acuerdo con la normativa ACI 318-08, se elaboraron 3 cilindros por cada prototipo con sus correspondientes roturas en 7,21,28 con un total de 27 cilindros de hormigón. Se emplearon moldes que cumplan las especificaciones establecidas por las normas ASTM C 31 y NTE INEN 1576., por lo tanto, se empleó probetas de 100 mm x 200 mm, estas probetas tiene que llenarse con el concreto fresco es decir con la mezcla de hormigón con toba volcánica y se procede a compactar en 2 capas con 25 golpes distribuidas en la superficie con el uso de una varilla de compactación (10 + 2 mm de diámetro).

Luego, una vez concluida la compactación se golpeó 10 veces ligeramente con el martillo de goma para liberar las burbujas de aire que pueden quedar dentro de la mezcla de hormigón. Por último, una vez que los moldes son completados con la mezcla, se enrasan con la varilla de 3/8" y se los deja en una posición uniforme libre de vibraciones para que fragüen, al siguiente día estos son desencofrados y se lo coloca en la cámara de curado, la cual debe colocarse en agua potable para que cumpla las especificaciones técnicas que se presentan en las normas NTE INEN 2528 y ASTM C 511.



Figura 4. Preparación de los cilindros
Elaborado por: Romero V. (2021).



Figura 4. Curado de cilindros de hormigón

Elaborado por: Romero V. (2021).

4.10. Resultados de rotura de cilindros

Las roturas de cilindros de hormigón, básicamente se ejecutaron para poder tener conocimiento con base en las resistencias a la compresión, lo cual orienta al desempeño de este concreto elaborado con toba volcánica, en sus diferentes dosificaciones, de acuerdo con los prototipos planteados. Es de suma importancia definir que el objetivo de las diferentes mezclas de hormigón se acopló para que esta sea igual o mayor al hormigón tradicional, es decir a una resistencia equivalente a 210 kg/cm^2 .

Naturalmente estas roturas deben estar guiadas por las normativas nacional NTE INEN 1573 y a nivel internacional bajo la ASTM C 39, por lo tanto, el proceso de rotura de los cilindros consiste en ejercer una fuerza axial sobre el cilindro de hormigón, hasta que éste llegue al punto de falla. Así mismo, previamente se establecieron en este proyecto de investigación por usar 3 probetas de cilindros de hormigón con las dimensiones propuestas 100 mm de diámetro x 200 mm de altura, utilizando 3 probetas por cada dosificación en tres edades de roturas de 7-21-28 días. El ensayo se lo ejecuta con el uso de una prensa hidráulica, la cual aplica una carga axial sobre el cilindro de hormigón con una velocidad de $0.25 + 0.05 \text{ MPa/s}$, esta carga debe mantenerse constante para obtener la curva esfuerzo-deformación del hormigón sin variaciones fuertes que alteren los resultados esperados de la prueba.



Figura 5. Roturas de cilindros

Elaborado por: Romero V. (2021).

4.11. Resumen de los datos obtenidos de los ensayos.

Se procedió a elaborar tablas que reflejan cada una de las dosificaciones empleados en los diseños de hormigones, el cual detalla en primera instancia el hormigón tradicional, el segundo prototipo el cuál fue elaborado con $\frac{1}{2}$ con piedra y $\frac{1}{2}$ con toba volcánica y por último se reemplazó en sus totalidades el agregado grueso común con la toba volcánica.

Tabla 11

Datos Técnicos de los ensayos de granulometría de los agregados fino y grueso

Datos Proporcionados	Agregado fino	Agregado grueso	
		Piedra 3/4	Toba volcánica
Tamaño del agregado máximo		3/4"	3/4"
Peso Específico Seco:	1429	1651	1399
Peso unitario seco compactado		1725	1491
Módulo de Fineza:	2.62		
Porcentaje de Absorción:	2.22	3.56	7.03
Porcentaje de Humedad:	4.2	1.3	1.5

Fuente: ensayos de laboratorio.

Elaborado por: Romero V. (2021).

4.12. Diseño de Hormigón Tradicional de f'c 210 Kg/cm2

Tabla 12

Datos técnicos requeridos para la dosificación

Valores de diseño			
Revenimiento sin aire incluido	5-10 cm	Cantidad de aire	2 %
Resistencia requerida f'c (kg/cm2)	210	Cantidad de agua	200
Resistencia requerida f'r (kg/cm2)	250	Relación Agua/Cemento	0.5
Coeficiente vol. Piedra	0.66	Cantidad de Cemento	400
		Densidad Cemento	2850

Fuente: ensayos de laboratorio.
Elaborado por: Romero V. (2021).

Tabla 13

Diseño de hormigón tradicional 210 Kg/cm2

Volumen absoluto en 1m3 de hormigón	Peso volumétrico del concreto	Peso en kg para 1 saco de cemento
Agua	0.2	20.5
Cemento	0.140	41.0
Aire	0.02	
Piedra	0.432	116.77
Arena	0.208	55.47
Volumen Total	1	2279.3

Fuente: ensayos de laboratorio.
Elaborado por: Romero V. (2021).

4.13. Diseño de Hormigón Tradicional más la Toba Volcánica de $f'c$ 210 Kg/cm²

Tabla 14

Datos técnicos requeridos para la dosificación

Valores de diseño			
Revenimiento sin aire incluido	5-10 cm	Cantidad de aire	2 %
Resistencia requerida $f'c$ (kg/cm ²)	210	Cantidad de agua	201
Resistencia requerida $f'r$ (kg/cm ²)	270	Relación Agua/Cemento	0.43
Coeficiente vol. Piedra	0.66	Cantidad de Cemento	470
		Densidad Cemento	2850

Fuente: ensayos de laboratorio.
Elaborado por: Romero V. (2021).

Tabla 15

Diseño con hormigón tradicional y toba volcánica $f'c$ 210 kg/cm²

Volumen absoluto en 1m ³ de hormigón	Peso en kg para		
	Peso volumétrico del concreto	1 saco de cemento	
Agua	0.201	201	20.6
Cemento	0.165	470	48.2
Aire	0.02		
Piedra	0.456	1054.44	108.15
Arena	0.158	340.35	34.91
Volumen Total	1	2065.79	

Fuente: ensayos de laboratorio.
Elaborado por: Romero V. (2021).

4.14. Diseño de con la Toba Volcánica de $f'c$ 210 Kg/cm²

Tabla 16

Datos técnicos requeridos para la dosificación

Valores de diseño			
Revenimiento sin aire incluido	10-15 cm		2 %
Resistencia requerida $f'c$ (kg/cm ²)	210	Cantidad de aire	205
Resistencia requerida $f'r$ (kg/cm ²)		Cantidad de agua	0.41
Coeficiente vol. piedra	0.66	Relación Agua/Cemento	
		Cantidad de Cemento	502
		Densidad Cemento	2850

Fuente: ensayos de laboratorio.
Elaborado por: Romero V. (2021).

Tabla 17

Diseño con toba volcánica $f'c$ 210 kg/cm²

Volumen absoluto en 1m ³ de hormigón	Peso en kg para	
	Peso volumétrico del concreto	1 saco de cemento
Agua	0.205	21.0
Cemento	0.176	51.5
Aire	0.02	
Piedra	0.484	100.93
Arena	0.115	30.61
Volumen Total	1	1989.91

Fuente: ensayos de laboratorio.
Elaborado por: Romero V. (2021).

4.15. Resultados de las roturas por cada diseño propuesto

Tabla 18

Resultados de la rotura de cilindros con toba volcánica y piedra 3/4 resistencia de f'c 210 kg/cm²

FECHA DE TOMA	ELEMENTO	f'c	DIAS	FECHA DE ROTURA	ROTURA DE CILINDRO Kg/cm ²	PROM.	%	OBSERVACIÓN
18/10/2020	DISEÑO DE HORMIGON CON TOBA VOLCANICA Y PIEDRA 3/4	210	7	25/10/2020	141.2	148.7	66	SE TOMO 9 CILINDROS
					155.03			
		210	21	8/11/2020	149.76	193.0	88	
					192.7			
		210	28	15/11/2020	191.67	210.0	101	
					194.5			
209.89								
209.97								
210.09								

Nota: Se logro obtener una resistencia de 210.09 Kg/cm².

Fuente: ensayos de laboratorio.

Elaborado por: Romero V. (2021).

Tabla 19

Resultados de la rotura de cilindros con una resistencia de f'c 210 kg/cm²

FECHA DE TOMA	ELEMENTO	f'c	DIAS	FECHA DE ROTURA	ROTURA DE CILINDRO Kg/cm ²	PROM.	%	OBSERVACIÓN
18/10/2020	DISEÑO DE HORMIGON CON TOBA VOLCANICA	210	7	25/10/2020	145.6	148.8	71	SE TOMO 9 CILINDROS
					152.7			
		210	21	8/11/2020	148.2	193.6	92	
					193.2			
		210	28	15/11/2020	192.4	211.3	101	
					195.3			
209.4								
213.6								
210.8								

Nota: Se logro obtener una resistencia de 211.3 Kg/cm².

Fuente: ensayos de laboratorio.

Elaborado por: Romero V. (2021).

Tabla 20

Resultados de la rotura de cilindros con toba volcánica con una resistencia de f_c 210 kg/cm²

FECHA DE TOMA	ELEMENTO	f_c	DIAS	FECHA DE ROTURA	ROTURA DE CILINDRO Kg/cm2	PROM.	%	OBSERVACIÓN
					132.7			
		210	7	25/10/2020	138.5	135.7	66	
					135.8			
18/10/2020	DISEÑO DE HORMIGON CON TOBA VOLCANICA	210	21	8/11/2020	183.8			SE TOMO 9 CILINDROS
					188.9	185.2	88	
					182.8			
					207.8			
		210	28	15/11/2020	211.8	211.6	101	
					215.2			

Nota: Se logro obtener una resistencia de 215.2 Kg/cm2.

Fuente: ensayos de laboratorio.

Elaborado por: Romero V. (2021).

Tabla 21

Cuadro de roturas de cilindros de hormigón

FECHA DE TOMA	ELEMENTO	f'c	DIAS	FECHA DE ROTURA	ROTURA DE CILINDRO Kg/cm2	PROM.	%	DIAS	FECHA DE ROTURA	ROTURA DE CILINDRO Kg/cm2	PROM.	%	DIAS	FECHA DE ROTURA	ROTURA DE CILINDRO Kg/cm2	PROM.	%	OBSERVACION
18/10/2020	DISEÑO DE HORMIGON				145.6					193.2					209.4			
	CON AGREGADOS APROBADOS	210	7	25/10/2020	152.7	148.8	71	21	8/11/2020	192.4	193.6	92	28	15/11/2020	213.6	211.3	101	SE TOMO 9 CILINDROS
	DISEÑO DE HORMIGON				148.2					195.3					210.8			
20/10/2020	CON TOBA VOLCANICA Y PIEDRA 3/4	210	7	27/10/2020	141.2	148.7	61	21	10/11/2020	191.67	193.0	81	28	17/11/2020	209.97	210.0	101	SE TOMO 9 CILINDROS
	DISEÑO DE HORMIGON				149.76					194.5					210.09			
	DISEÑO DE HORMIGON				132.7					183.8					207.8			
18/10/2020	CON TOBA VOLCANICA	210	7	25/10/2020	138.5	135.7	66	21	8/11/2020	188.9	185.2	88	28	15/11/2020	211.8	211.6	101	SE TOMO 9 CILINDROS
	DISEÑO DE HORMIGON				135.8					182.8					215.2			
	DISEÑO DE HORMIGON																	

Nota: Se logro obtener una resistencia de 215.2 Kg/cm2.

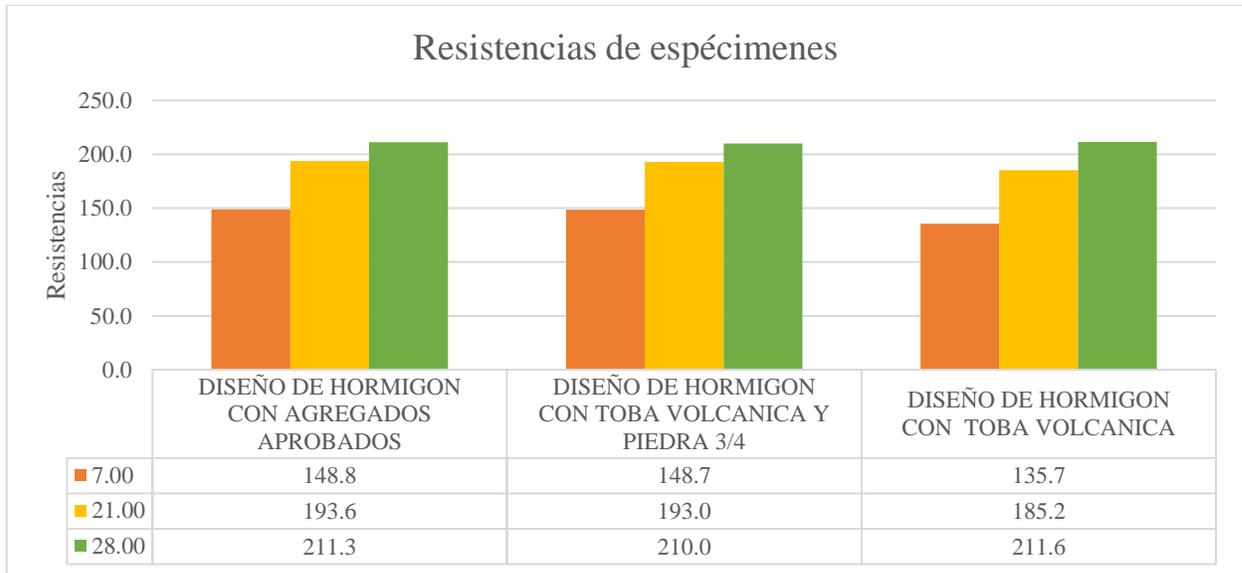
Fuente: ensayos de laboratorio.

Elaborado por: Romero V. (2021).

4.16. Análisis de Resultados

Una vez finalizada la etapa de laboratorio, donde se elaboraron los diferentes hormigones y sus respectivas roturas de probetas, es indispensable interpretar todos esos resultados del estudio.

En el presente trabajo de investigación queda en evidencia que, bajo las diferentes dosificaciones obtenidas de los prototipos elaborados en el proyecto de investigación, se ha demostrado la viabilidad de la toba volcánica como remplazo o parcial sustitución de la piedra ¾. Por lo que es de criterio de los constructores buscar la toba volcánica como alternativa en la construcción. Es muy satisfactorio que de estos especímenes ensayados se pudieron obtener características físicas de una mezcla endurecida, tales como la resistencia, elasticidad, entre otras.



Nota: Cada uno de los diseños propuestos obtuvieron los resultados esperados.

Gráfico 1. Cuadro de resistencias

Fuente: ensayos de laboratorio. Elaborado por: Romero V. (2021).

Por otro lado, existen aún más parámetros que se deben estudiar, tales como la ubicación de este material, el costo las culés influyen directamente en la parte económica, por lo que se realizó un breve análisis comparativo entre el hormigón tradicional y la elaboración de nuestros especímenes con toba volcánica, logrando así una perspectiva mucho más clara para su inserción en el mercado ecuatoriano de la construcción. (ver Anexos 12, 13).

CONCLUSIONES

- Con respecto al primer objetivo específico, donde se determinó las características físicas y químicas del agregado grueso, se comprobó que el uso de la toba volcánica en morteros es factible para hormigones a través de los respectivos ensayos de granulometría, peso unitario, contenido de humedad, absorción y gravedad específica, por lo tanto, reúnen las condiciones de acuerdo con las normativas internacionales y nacionales, para ser considerado apto para la fabricación de cilindros de hormigón.
- Con base en el segundo objetivo específico, se determinó la respectiva dosificación con el uso de la toba volcánica, la cual se proyectó a una resistencia de 210 kg/cm², en donde se elaboraron tres prototipos, con el fin de obtener los diferentes rangos de resistencia de acuerdo con la dosificación empleada. El primer prototipo que se elaboró fue el del hormigón tradicional, cuya dosificación fue 1(cemento) :2(arena) :3(piedra $\frac{3}{4}$), el segundo prototipo se dosificó 1(cemento) :2(arena) :1.5(piedra $\frac{3}{4}$) y 1.5 (toba volcánica) y el último espécimen se dosificó 1(cemento) :2(arena): 3 (toba volcánica).
- En correspondencia con la orientación del tercer objetivo específico, se propuso la muestra de hormigón con toba volcánica y se determinó las características mecánicas donde la primera muestra, se propuso con una resistencia de 210 kg/cm², lo cual se utilizó con agregados tradicionales, como la arena de río y la piedra $\frac{3}{4}$, donde se obtuvo la resistencia prevista de 210 Kg/cm². El segundo ejemplar se proyectó con una dosificación en donde se agregó dos diferentes agregados gruesos $\frac{1}{2}$ piedra $\frac{3}{4}$ y $\frac{1}{2}$ toba volcánica, en donde se obtuvo una dosificación de 211.3 Kg/cm². Finalmente, el último espécimen se realizó en su totalidad con toba volcánica, donde se comprobó que su resistencia fue superior a la resistencia tradicional, con un resultado de 215.2 Kg/cm².
- En base al cuarto objetivo específico, se concluyó que el uso de la toba volcánica en relación con el hormigón tradicional, representa una alternativa viable para la reducción de impactos ambientales producidos en la construcción, principalmente por su fácil extracción y sus propiedades naturales que la enfocan como un elemento mínimamente contaminante.

RECOMENDACIONES

- Se sugiere a los nuevos investigadores científicos, realizar análisis de las muestras de toba volcánica, para que estén libres de agentes externos, que interfieran en la óptima determinación de sus componentes, así como también en correr el riesgo de alterar su composición química para realizar un estupendo oportuno hormigón.
- Se debe orientar la dosificación a elaborar debido a que la relación agua/cemento para el agregado de esta toba volcánica, es uno de los factores más importantes para la preparación de un mortero apropiado.
- En base en la propuesta de la mezcla de hormigón, se puede proponer más ejemplares con diferentes dosificaciones, acoplándola con base en los requerimientos a explorar, es indispensables ampliar el estudio para lograr identificar más características mecánicas de la mezcla, así como también un óptimo enrasado al momento de la fabricación de los cilindros de hormigón que corrija todas los vacíos e imperfecciones de las superficies de los especímenes, ya que se vería afectada el módulo de elasticidad del concreto, debido a las irregularidades de los ensayos.
- Se recomienda a los investigadores extender el estudio en la incorporación de la toba volcánica como agregados gruesos en otros tipos de elementos, cuya factibilidad económica sea aplicada en zonas donde este material es de abundancia como alternativa más factible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayuque, G. (2019). *Propiedades del cemento en estado fresco y endurecido utilizando cementos comerciales en la ciudad de Huancalevica*. Peru.
- Azuero, A. (2018). Significatividad del marco metodológico en el desarrollo de proyectos de investigación. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria KOINONIA*, 4(8), 18. doi:<http://dx.doi.org/10.35381/r.k.v4i8.274>
- Baquero, L & Baquero, J. (2018). *Uso de arena volcánica para mortero en la elaboración de morteros premezclado para revestimiento de paredes*. Universidad laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.
- Bárcena, A. (26 de julio de 2016). *Naciones Unidas*. Obtenido de <https://www.cepal.org/es/comunicados/la-extraccion-mundial-materiales-se-triplico-cuatro-decadas-agudiza-cambio-climatico-la>
- Cabello, F. J. (s.f.). *Los materiales de construccion*. Obtenido de https://huespedes.cica.es/gimadus/17/03_materiales.html
- Cando, I. (2016). *Análisis de las propiedades físicas y ecánicas del hormigón elaborado con fibra de acero reciclado*. Ecuador.
- Castro, E. (2020). *Estudio de la sustitución de cemeneto parcial de alta resistencia inicial puzolana por ceniza volcánica en el diseño de hormigón*. Ecuador.
- Cepal. (2016). *Cepal*. Obtenido de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40326-estudio-economico-america-latina-caribe-2016-la-agenda-2030-desarrollo>
- Galeas, E & Guzmán, F. (2019). *Popuesta a la dosificación de hormigón reemplazando el cemento en diferentes de peso con ceniza volcánica del Tungurahua ; identificando la influencia de utilizar la fraccion fina, grueso y completa*. Escuela Politécnica Nacional, Ecuador.
- García, L. (2019). *Caracterización de las Tobas de Palmarito de Cauto para la obtención de bloques de*. Universidad de Moa, Cuba.
- Instituto Geofísico. (2020). *Insituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional*. Obtenido de <https://www.igepn.edu.ec/chimborazo#:~:text=El%20volc%C3%A1n%20Chimborazo%20est%C3%A1%20ubicado,compuesto%20por%20tres%20edificios%20sucesivos>.
- Licor, A. (2016). *Evaluación de la carbonatación en hormigones elaborados con cemento de bajo carbono LC3*. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Santa Clara.

- Mata, L. (2019). *Investigalia*. Obtenido de Investigaciones cuantitativas de tipo experimental. Parte 1: <https://investigaliacr.com/investigacion/investigaciones-cuantitativas-de-tipo-experimental-parte-1/>
- Morales, A. (2017). *Empleo de tobas en la producción de bloques huecos de hormigón*. Universidad de Moa, Cuba.
- Rodriguez, Y. (2017). *Evaluación de las Tobas Vítreas como árido ligero para la construcción de bloques de hormigón*. Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. Antonio Núñez Jiménez, Cuba.
- Romero, L. (2019). *Potencialidades de las tobas vítreas para su uso como aditivo puzolánico en la localidad de Flores. Municipio de Banes*. Universidad de Moa, Cuba.
- Tupa, A. (2018). *Concreto estructural liviano con escoria y ceniza volcánicas del distrito de yura*. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa.

ANEXOS

Anexo 1

Contenido de humedad agregado fino

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL	CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO		
NORMA ASTM C 566			
Muestra:	1	Solicitante:	
Origen:	arena de rio	Ensayado:	G.V.
Para:	tema de tesis	Calculado:	G.V.
Fecha:	octubre 15 del 2020	Informe N°	
Tamaño máximo nominal:		mm	
Masa de la muestra original (ver tabla)		3.000,0	g
Masa de la muestra seca		2.873,0	g
Contenido de humedad		4,2	%
Tamaño máximo nominal del agregado		Masa mínima	
(mm)	Tamiz No.	(kg)	
4,75	4	0,5	
9,5	3/8"	1,5	
12,5	1/2"	2	
19,0	3/4"	3	
25,0	1"	4	
37,5	1 1/2"	6	
50,0	2"	8	
			
Laboratorista			

Fuente: ensayos de laboratorio. Elaborado por: Romero V. (2021).

Anexo 2

Contenido de humedad agregado grueso.

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO	
NORMA ASTM C 566			
Muestra:	1	Solicitante:	
Origen:	grava triturada	Ensayado:	G.V.
Para:	tema de tesis	Calculado:	G.V.
Fecha:	octubre 15 del 2020	Informe N°	
Tamaño máximo nominal:		mm	
Masa de la muestra original (ver tabla)		8.000,0	g
Masa de la muestra seca		7.896,0	g
Contenido de humedad		1,3	%
Tamaño máximo nominal del agregado		Masa mínima	
(mm)	Tamiz No.	(kg)	
4,75	4	0,5	
9,5	3/8"	1,5	
12,5	1/2"	2	
19,0	3/4"	3	
25,0	1"	4	
37,5	1 1/2"	6	
50,0	2"	8	
			
Laboratorista			

Fuente: ensayos de laboratorio. Elaborado por: Romero V. (2021).

Anexo 3

Granulometría agregado fino.

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		ANÁLISIS POR TAMIZADO DE AGREGADOS FINOS					
NORMA ASTM C 136							
Muestra:	1			Solicitante:			
Origen:	arena de rio			Ensayado:	G.V.		
Para:	tema de tesis			Calculado:	G.V.		
Fecha:	15 de octubre del 2020			Nº Laborat:			
Descripción:				Peso seco inicial (g), ver tabla:	2873,0		
Tamiz Nº	Abertura (mm)	Ret. Parcial (gr)	Ret. Acumulado (gr)	% Retenido	% Que pasa		
3/8"	9,50		0,0	0	100		
Nº 4	4,75	53,0	53,0	2	98		
Nº 8	2,36	233,0	286,0	10	90		
Nº 16	1,18	508,0	794,0	28	72		
Nº 30	0,60	671,0	1465,0	51	49		
Nº 50	0,30	755,0	2220,0	77	23		
Nº 100	0,15	502,0	2722,0	95	5		
BANDEJA		151,0	2873,0	100	0		
Módulo de finura:				2,62			
Tamaño de la muestra agregado con:		Peso mínimo (g)					
Al menos el 95% pasa 2.36 mm (tamiz No. 8)		100					
Al menos el 85% pasa 4.75 mm (tamiz No. 4) y más del 5% es retenido en 2.36 mm (tamiz No. 8)		500					
Curva Granulométrica							
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">— — — Límites ASTM C 33</td> <td style="text-align: center;">— — — Agregado fino</td> </tr> </table>						— — — Límites ASTM C 33	— — — Agregado fino
— — — Límites ASTM C 33	— — — Agregado fino						
							
Laboratorista							

Fuente: ensayos de laboratorio. Elaborado por: Romero V. (2021).

Anexo 4

Granulometría agregado grueso.

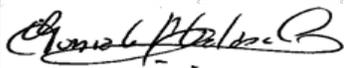
GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		ANÁLISIS POR TAMIZADO DE AGREGADOS GRUESO			
NORMA ASTM C 136					
Muestra:	1			Solicitante:	
Origen:	Grava triturada			Ensayado:	G.V.
Para:	tema de tesis			Calculado:	G.V.
Fecha:	15 de octubre del 2020			Nº Laborat:	
Descripción:		Peso seco inicial (g), ver tabla:			7896,0
Tamiz Nº	Abertura (mm)	Ret. Parcial (gr)	Ret. Acumulado (gr)	% Retenido	% Que pasa
3/4"	19		0,0	0	100
1/2"	12,50	419,0	419,0	5	95
3/8"	9,5	2754,0	3173,0	40	60
Nº 4	4,75	3942,0	7115,0	90	10
Nº 8	2,4	567,0	7682,0	97	3
			7682,0	97	3
			7682,0	97	3
BANDEJA		214,0	7896,0	100	0

Curva Granulométrica

Malla Nº	% Que Pasa (Agregado fino)	% Que Pasa (Límites ASTM C 33)
3/4"	100	100
1/2"	95	95
3/8"	60	70
Nº 4	10	15
Nº 8	3	5

Malla Nº

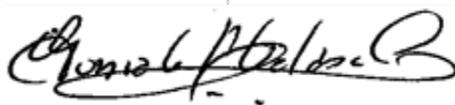
- - - Límites ASTM C 33 — Agregado fino


 Laboratorista

Fuente: ensayos de laboratorio. Elaborado por: Romero V. (2021).

Anexo 5

Peso unitario del agregado fino

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		PESO UNITARIO EN AGREGADO FINO		
NORMA ASTM C 29				
Muestra:	1	Solicitante:		
Origen:	Arena de rio	Ensayado:	G.V.	
Para:	tema de tesis	Calculado:	G.V.	
Fecha:	16 de octubre del 2020	Informe N°		
Descripción:	arena fina			
V: volumen del recipiente, ver tabla		2.800	cm ³	
T: masa del recipiente		2.500	g	
Msr: masa agregado suelto + recipiente		6.502	g	
Mcr: masa agregado compactado + recipiente		6.732	g	
Ms: masa agregado suelto Msr - T		4.002	g	
Mc: masa agregado compactado Mcr - T		4.232	g	
Peso unitario suelto		1.429	kg/m³	
Peso unitario compactado		1.511	kg/m³	
		Tamaño máximo nominal mm (plg)	Capacidad del recipiente pie ³ (lt)	
		<= a 12.5 (1/2)	1/10 (2.8)	
		25.0 (1)	1/3 (9.3)	
		37.5 (1 1/2)	1/2 (14.0)	
		75.0 (3)	1 (28.0)	
				
Laboratorista				

Fuente: ensayos de laboratorio. Elaborado por: Romero V. (2021).

Anexo 6

Peso unitario del agregado grueso

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		PESO UNITARIO EN AGREGADO GRUESO		
NORMA ASTM C 29				
Muestra:	1	Solicitante:		
Origen:	agregado grueso	Ensayado:	G.V.	
Para:	tema de tesis	Calculado:	G.V.	
Fecha:	16 de octubre del 2020	Informe N°		
Descripción:	Grava triturada gris			
V: volumen del recipiente, ver tabla		2.750	cm ³	
T: masa del recipiente		2.130	g	
Msr: masa agregado suelto + recipiente		6.669	g	
Mcr: masa agregado compactado + recipiente		6.873	g	
Ms: masa agregado suelto Msr - T		4.539	g	
Mc: masa agregado compactado Mcr - T		4.743	g	
Peso unitario suelto		1.651	kg/m³	
Peso unitario compactado		1.725	kg/m³	
			Tamaño máximo nominal mm (plg)	Capacidad del recipiente pie ³ (lt)
			< = a 12.5 (1/2)	1/10 (2.8)
			25.0 (1)	1/3 (9.3)
			37.5 (1 1/2)	1/2 (14.0)
			75.0 (3)	1 (28.0)
 Laboratorista				

Fuente: ensayos de laboratorio. Elaborado por: Romero V. (2021).

Anexo 7

Gravedad específica y absorción del agregado fino

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO	
NORMA ASTM C 128			
Muestra:	1	Solicitante:	
Origen:	Arena de rio	Ensayado:	G.V.
Para:	tema de tesis	Calculado:	G.V.
Fecha:	16 de octubre del 2020	Informe N°	
Datos:			
A: Peso seco de la muestra en aire		63,0	g
B: Peso del picnómetro lleno con agua		155,0	g
S: Peso en estado sss de la muestra en aire (500+/-10 g)		64,4	g
C: Peso del picnómetro con muestra y agua hasta marca		194,6	g
Densidad y absorción:			
G_s : gravedad específica seca		2.540	kg/m ³
G_{sss} : gravedad específica en sss		2.597	kg/m ³
G : gravedad específica aparente		2.692	kg/m ³
P_o : porcentaje de absorción de agua		2,22	%
Fórmulas:			
G _s = A/(B+S-C)	G = A/(A+B-C)		
G _{sss} = S/(B+S-C)	P _o = (S-A)/Ax100		
			
Laboratorista			

Fuente: ensayos de laboratorio. Elaborado por: Romero V. (2021).

Anexo 8

Gravedad específica y absorción del agregado grueso

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO		
NORMA ASTM C 127				
Muestra:	1		Solicitante:	
Origen:	agregado grueso		Ensayado:	G.V.
Para:	tema de tesis		Calculado:	G.V.
Fecha:	16 de octubre del 2020		Informe N°	
Tamaño máximo nominal:			mm	
Datos:				
A: Peso seco de la muestra en aire, ver tabla			3.400,0	g
B: Peso en estado sss de la muestra en aire			3.521,0	g
C: Peso en agua de la muestra saturada			2.187,0	g
Densidad y absorción:				
G_s : gravedad específica seca			2.549	kg/m ³
G_{sss} : gravedad específica en sss			2.639	kg/m ³
G : gravedad específica aparente			2.803	kg/m ³
P_o : porcentaje de absorción de agua			3,56	%
Fórmulas:			Tamaño nominal	Peso mínimo de
$G_s = A/(B-C)$		$G = A/(A-C)$	mm (plg)	muestra (kg)
$G_{sss} = B/(B-C)$		$P_o = ((B-A)/A) \times 100$	12.5 (1/2)	2
			19.0 (3/4)	3
			25.0 (1)	4
			37.5 (1 1/2)	5
			50.0 (2)	8
			63.0 (2 1/2)	12
			75.0 (3)	18
				
Laboratorista				

Fuente: ensayos de laboratorio. Elaborado por: Romero V. (2021).

Anexo 9

Abrasión agregado grueso.

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN DE AGREGADO GRUESO DE PEQUEÑO TAMAÑO POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE "LOS ANGELES"			
NORMA ASTM C 131					
Muestra:	1			Solicitante:	
Origen:	Grava triturada			Ensayado:	G.V.
Para:	tema de tesis			Calculado:	G.V.
Fecha:	16 de octubre del 2020			Informe N°	
Tamaño máximo nominal:	37,5	mm			
Gradación A, B, C ó D, ver tabla				A	
Peso inicial de la muestra con tamaño menor a (37.5 mm)				5.005	g
Número de esferas, ver tabla				12	
Peso seco retenido en el tamiz No.12 después de 100 revoluciones				4.875	g
Peso seco retenido en el tamiz No.12 después de 500 revoluciones				3.974	g
Relación entre la pérdida a las 100 revoluciones y la pérdida a las 500 revoluciones, uniformidad de desgaste				0,13	
Porcentaje de pérdida				21	%
Tamiz No, mm (plg)		Gradación			
Pasante	Retenido	A	B	C	D
37.5 (11/2)	25 (1)	1.250 +/- 25	-	-	-
25 (1)	19 (3/4)	1.250 +/- 25	-	-	-
19 (3/4)	12.5 (1/2)	1.250 +/- 10	2.500 +/- 10	-	-
12.5 (1/2)	9.5 (3/8)	1.250 +/- 10	2.500 +/- 10	-	-
9.5 (3/8)	6.3 (1/4)	-	-	2.500 +/- 10	-
6.3 (1/4)	4.75 (No. 4)	-	-	2.500 +/- 10	-
4.75 (No. 4)	2.36 (No. 8)	-	-	-	5.000 +/- 10
Total		5.000 +/- 10	5.000 +/- 10	5.000 +/- 10	5.000 +/- 10
Número de esferas		12	11	8	6
Peso de esferas (carga) g		5.000 +/- 25	4.584 +/- 25	3.330 +/- 20	2.500 +/- 15
					
Laboratorista					

Fuente: ensayos de laboratorio. Elaborado por: Romero V. (2021).

Anexo 10

Diseño de hormigón $f'c$ 210 Kg/cm²

DATOS PROPORCIONADOS		AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
TAMAÑO DEL AGREGADO MAXIMO			3/4"
PESO VOLUMETRICO SUELTO G (Kg/m ³)		1429	1651
PESO VOLUMETRICO VARILLADO G (Kg/m ³)			1725
DENSIDAD S S S (Kg/m ³)		2597	2639
M.F.		2,62	
% ABSORCION		2,22	3,56
DATOS TECNICOS REQUERIDOS			
REVENIMIENTO SIN AIRE INCLUIDO	5 a 10 cm	Cantidad de aire(%)	2,0
RESISTENCIA ESPECIFICA $f'c$ (Kg/cm ²)	210	Cantidad de agua(Its)	200
RESISTENCIA REQUERIDA $f'r$ (Kg/cm ²)	250	Cantidad de cemento(Kg)	400
coeficiente volumetrico de la piedra	0,66	Relacion agua/cemento (A/C)	0,5
		Densidad cemento (Kr/m ³)	2850
CALCULOS			
VOLUMEN ABSOLUTO EN 1M3 DE HORMIGON		PESO EN KG PARA 1 M3 DE HORMIGON	
Agua	0,2	Agua	200,0
Cemento	0,140	Cemento	400
Aire	0,02	Piedra	1138,5
Piedra	0,431	Arena	540,8
Volumen total	0,792	Masa total	2279,3
Arena	0,208		
PESO VOLUMETRICO DEL CONCRETO (usando agregado S.S.S.)		PESO EN KG PARA UN SACO DE CEMENTO	
Agua	200	Agua	20,5
Cemento	400,000	Cemento	41,0
Piedra	1179,03	Piedra	116,7
Arena	552,79	Arena	55,4
Masa total	2331,82		
VOLUMEN RELATIVO PARA UN SACO DE CEMENTO		DETERMNACION DE CAJONERAS (0,40 X 0,40 X 0,20) VOL. 0,032 M3	
Piedra	0,0707	Piedra	2,2
Arena	0,0388	Arena	1,2

Fuente: ensayos de laboratorio. Elaborado por: Romero V. (2021).

Anexo 11

Diseño de hormigón con toba volcánica

DATOS PROPORCIONADOS		AGREGADO FINO	AGREGADO TOBA VOLCÁNICA
TAMAÑO DEL AGREGADO MAXIMO			3/4"
PESO VOLUMETRICO SUELTO G (Kg/m ³)		1429	1399
PESO VOLUMETRICO VARILLADO G (Kg/m ³)			1491
DENSIDAD S S S (Kg/m ³)		2597	2034
M.F.		2,62	
% ABSORCION		2,22	7,03
DATOS TECNICOS REQUERIDOS			
REVENIMIENTO SIN AIRE INCLUIDO	10 a 15 cm	Cantidad de aire(%)	2,0
RESISTENCIA ESPECIFICA f'c (Kg/cm ²)	210	Cantidad de agua(Its)	205
RESISTENCIA REQUERIDA f'r (Kg/cm ²)	290	Cantidad de cemento(Kg)	502
coeficiente volumetrico de la piedra	0,66	Relacion agua/cemento (A/C)	0,41
		Densidad cemento (Kr/m ³)	2850
CALCULOS			
VOLUMEN ABSOLUTO EN 1M3 DE HORMIGON		PESO EN KG PARA 1 M3 DE HORMIGON	
Agua	0,205	Agua	205,0
Cemento	0,176	Cemento	502,45
Aire	0,02	Piedra	984,06
Piedra	0,484	Arena	298,4
Volumen total	0,885	Masa total	1989,9
Arena	0,115		
PESO VOLUMETRICO DEL CONCRETO (usando agregado S.S.S.)		PESO EN KG PARA UN SACO DE CEMENTO	
Agua	205	Agua	21,0
Cemento	502,45	Cemento	51,5
Piedra	1053,24	Piedra	100,8
Arena	305,01	Arena	30,6
Masa total	2065,70		
VOLUMEN RELATIVO PARA UN SACO DE CEMENTO		DETERMINACION DE CAJONERAS (0,40 X 0,40 X 0,20) VOL. 0,032 M3	
Piedra	0,0721	Piedra	2,3
Arena	0,0214	Arena	0,7

Fuente: ensayos de laboratorio. Elaborado por: Romero V. (2021).

Anexo 12

Análisis de precios unitarios del hormigón simple 210 kg/cm²

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO: Hormigón Simple 210 Kg/cm ²			UNIDAD: m ³		
CODIGO:			RENDIMIENTO:		0.8
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	Rendimiento	COSTO
Concretera	1.00	5.63	5.63	0.8	4.5
Vibrador	1.00	4.38	4.38	0.8	3.5
Herramienta menor 5% M/O					0.724
SUBTOTAL (M)					8.72
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor	1.00	4.06	4.06	0.80	3.248
Albañil	2.00	3.66	7.32	0.80	5.856
Peon	5.00	3.62	18.10	0.80	14.48
SUBTOTAL (N)					14.48
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
Cemento Tipo I 50 kg	saco	7.35	6.86	50.421	
Arena de rio	m ³	0.448	8.56	3.83488	
Piedra 3/4	m ³	0.672	12.6	8.4672	
Agua	m ³	0.175	1.08	0.189	
SUBTOTAL (O)					62.91
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
SUBTOTAL (P)					0.00
COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					86.12
INDIRECTOS Y UTILIDADES:					22.00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					105.06

Fuente: ensayos de laboratorio. Elaborado por: Romero V. (2021).

Anexo 13

Análisis de precios unitarios del hormigón simple con toba volcánica f'c 210 kg/cm2

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO: Hormigón Simple 210 Kg/cm2				UNIDAD: m3	
CODIGO:				RENDIMIENTO: 0.8	
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	Rendimiento	COSTO
Concretera	1.00	5.63	5.63	0.8	4.5
Vibrador	1.00	4.38	4.38	0.8	3.5
Herramienta menor 5% M/O					0.724
SUBTOTAL (M)					8.72
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor	1.00	4.06	4.06	0.80	3.248
Albañil	2.00	3.66	7.32	0.80	5.856
Peon	5.00	3.62	18.10	0.80	14.48
SUBTOTAL (N)					14.48
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
Cemento Tipo I 50 kg	saco	7.35	6.86	50.421	
Arena de rio	m3	0.448	8.56	3.83488	
Toba Volcánica	m3	0.672	7	4.704	
Agua	m3	0.175	1.08	0.189	
SUBTOTAL (O)					59.15
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
SUBTOTAL (P)					0.00
COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					82.35
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 22.00%					18.12
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					100.47

Fuente: ensayos de laboratorio. Elaborado por: Romero V. (2021).