



**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:

**USO DE ARENA VOLCÁNICA EN LA ELABORACIÓN DE MORTERO
PREMEZCLADO PARA REVESTIMIENTO DE PAREDES**

Tutor

MSC. ING. MAX DARÍO ALMEIDA FRANCO

Autores

LUIS FELIPE BAQUERO BRITO

JOSE LUIS BAQUERO BRITO

Guayaquil, 2018

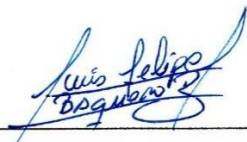
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes/egresados LUIS FELIPE BAQUERO BRITO y JOSÉ LUIS BAQUERO BRITO, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente trabajo de investigación, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos nuestros derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador.

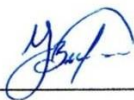
Este proyecto se ha ejecutado con el propósito de estudiar (USO DE ARENA VOLCÁNICA EN LA ELABORACIÓN DE MORTERO PREMEZCLADO PARA REVESTIMIENTO DE PAREDES).

Autor(es):



LUIS FELIPE BAQUERO BRITO

C.I. 0924781834



JOSE LUIS BAQUERO BRITO

C.I. 0924781826

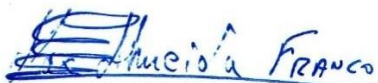
CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación Uso de arena volcánica en la elaboración de mortero premezclado para revestimiento de paredes, nombrado por el Consejo Directivo de la Facultad de Administración de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y analizado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: “USO DE ARENA VOLCÁNICA EN LA ELABORACIÓN DE MORTERO PREMEZCLADO PARA REVESTIMIENTO DE PAREDES”, presentado por los estudiantes Luis Felipe Baquero Brito y José Luis Baquero Brito como requisito previo a la aprobación de la investigación para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación

Firma:



MSC. ING. MAX DARÍO ALMEIDA FRANCO

C.I. 0906706981

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento va dirigido en primer lugar a Dios por permitirme culminar esta meta propuesta en mi vida, por darme sabiduría para comprender cada uno de los conocimientos enseñados y por guiarme día a día por el camino correcto.

A mis padres, Luis Jacinto Baquero García y Betty Aracely Brito Villegas, porque gracias a sus consejos, sus reglas y sus motivaciones me mostraron el camino hacia la superación, porque son los principales promotores de mis sueños, gracias por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad.

A mis hermanos José Luis Baquero Brito y Lizbeth Amelye Baquero Brito, por ser mi apoyo incondicional, por siempre estar presentes, por compartir alegrías y tropiezos de los cuales salimos triunfadores.

A mis amigos y familiares, que de una u otra manera han sido clave en los caminos recorridos en esta vida.

A mi tutor por brindarme su valiosa colaboración y orientación en este proceso. Quien se ha tomado en arduo trabajo de transmitirme sus diversos conocimientos que corresponden a mi profesión.

Luis Felipe Baquero Brito

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento se dirige en primer lugar a Dios, quien ha forjado mi camino y me ha dirigido por el sendero correcto, ayudándome en todo momento.

A mis padres, Luis Jacinto Baquero García y Betty Aracely Brito Villegas por haberme formado como la persona que soy en la actualidad. Me instruyeron con reglas, y con sus consejos me motivaron constantemente para la alcanzar mis metas y anhelos.

Agradezco a mi hija Alice Baquero por ayudarme a encontrar el lado dulce y no amargo de la vida. Fuiste mi motivación más grande para concluir con éxito este proyecto.

Posiblemente en este momento no entiendas mis palabras, pero para cuando seas capaz, quiero que te des cuenta de lo que significas para mí. Eres mi principal motivación.

A mi hermano Luis Felipe Baquero Brito, quién ha sido mi ejemplo a seguir, de quién he recibido todo el apoyo que he necesitado. Al más grande compañero y amigo que tengo, gracias por no sólo ayudarme en gran manera a concluir el desarrollo de esta gran meta, sino por todos los momentos que hemos pasado en el proceso.

A mi tutor por la orientación y ayuda que me brindó para la realización de esta tesis, por su apoyo y amistad que me permitieron aprender mucho más en este proceso para la ejecución de este proyecto.

José Luis Baquero Brito

DEDICATORIA

Con mucha satisfacción y esperanza dedicó mi tesis a Dios por ser mi guía y director forjándome por el camino correcto, fortaleciéndome cada día para aprender de mis errores.

A mis padres, Luis Jacinto Baquero Brito y Betty Aracely Brito Villegas quienes han aportado con su amor y esfuerzo muchos valores indispensables y de gran utilidad en mi vida, siempre contando con su apoyo, han logrado formar la persona que soy en la actualidad y con eso he afrontado este gran reto que es la Universidad.

A mi hermano José Luis Baquero Brito que está en todos los acontecimientos, participando en todo momento como una pieza fundamental en mis días, el cual respeto y aprecio mucho.

A mi hermana Lizbeth Amelye Baquero Brito, porque es muy satisfactorio poder ser el ejemplo de constancia y dedicación para ella, demostrarle que cuando algo no esté a su favor siempre existirá una solución y con Dios de por medio todo será posible.

A mis docentes y a la Universidad por los conocimientos forjados que indiscutiblemente me ayudarán en el futuro.

A todos los que creyeron en mí y lo siguen haciendo les dedico el presente proyecto.

Luis Felipe Baquero Brito

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis sobre todo a Dios, quien ha sido mi fortaleza y me ha permitido culminar esta etapa inolvidable de mi vida universitaria.

A mis seres amados, mi padre Luis Jacinto Baquero Brito y mi madre Betty Aracely Brito Villegas que, por su apoyo incondicional moral, por creer en mí, por su ejemplo a seguir, especialmente mi papá quién comparte gustoso esta extraordinaria profesión.

A mi hermano Luis Felipe Baquero Brito y hermana Lizbeth Amelye Baquero Brito, quienes han estado conmigo en este proceso de aprendizaje; más que todo mi hermano que en toda oportunidad me brinda su confianza, me ha ayudado a crecer en el ámbito personal y profesional.

A mi hija Alice Baquero que es mi fuente de inspiración y motivación, porque es la razón de sentirme orgulloso de culminar esta etapa, debido a que mis logros serán siempre para mi amada hija.

A mi tutor por la paciencia y a todos los docentes que estuvieron durante mi formación académica, ya que por ellos he adquirido lo mejor para ejecutar mis proyectos personales y profesionales con mucha precisión.

José Luis Baquero Brito

RESUMEN EJECUTIVO

Los morteros han sido utilizados desde las construcciones babilónicas hasta la actualidad; sin embargo, su uso y la forma de fabricación se han ido reconstruyendo en el transcurso del tiempo. Con una investigación se determinó el problema de que el mal uso y dosificación de la arena volcánica en la fabricación de morteros está generando como resultado un material no deseado, ya que, los procesos que realizan no son los apropiados para obtener un material que contengan los componentes correctos; si se siguen utilizando esos materiales deficientes, puede causar deterioros y grietas en las paredes con el tiempo.

El enfoque de esta investigación, se basa en brindar la solución del uso de la arena volcánica para el mejoramiento de los morteros, existen otros materiales que vuelven más resistentes al hormigón, previniendo la segregación y delaminación del concreto, mejorando la durabilidad y minimizando las grietas que se forman en el concreto. Para determinar el resultado de dosificación de la arena se efectuaron varias fórmulas y pruebas, en el cual arrojaron resultados positivos de viabilidad para efectuar su uso.

ABSTRACT

Mortars have been used from the Babylonian constructions to the present; however, their use and the way of manufacturing have been reconstructed over time. With an investigation the problem was determined that the use and the dosage of the volcanic sand in the manufacture of mortars is generating as a result an unwanted material, because of the processes are not appropriate to obtain a material with the correct components, If they still use deficient materials, they can cause deterioration and cracks in the walls over time.

The focus of this research is based on the solution of the use of volcanic sand for the improvement of mortars, there are other materials that become more resistant to concrete, preventing the segregation and delamination of concrete, improving durability and minimizing cracks they are formed in concrete. To determine the result of the dosage of the sand, to make several formulas and tests, in which they gave the positive results of the feasibility to effect its use.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES ..	ii
CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA	vi
RESUMEN EJECUTIVO	viii
ÍNDICE DE CONTENIDO	x
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE GRÁFICAS	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. EL PROBLEMA A INVESTIGAR	3
1.1. PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO	3
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.4. OBJETIVO GENERAL	3
1.5. OBJETIVOS ESPECIFICOS	4
1.6. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.7. DELIMITACIÓN Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	4

1.8. PLANTEAMIENTO HIPOTÉTICO	4
CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
2.1. MARCO TEÓRICO	5
2.2. MARCO REFERENCIAL	7
2.3. MARCO CONCEPTUAL.....	9
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	41
3.1. MARCO METODOLÓGICO	41
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	41
3.3. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	41
3.4. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.....	41
3.5. UNIVERSO Y MUESTRA.....	42
CAPITULO IV. PROPUESTA	49
4.1. DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	49
4.2. RESULTADOS	53
CONCLUSIONES.....	55
RECOMENDACIONES.....	56
BIBLIOGRAFÍA.....	57
ANEXOS	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Gravedad Especifica y Absorción-ASTM C 128/INEN 858.....</i>	43
Tabla 2	<i>Peso Unitario del agregado-ASTM C-29.....</i>	44
Tabla 3	<i>Muestra 1-Clasificación de suelos-SUCS/ASTM D-2487.....</i>	45
Tabla 4	<i>Muestra 2-Clasificación de suelos-SUCS/ASTM D-2487.....</i>	46
Tabla 5	<i>Muestra 1- Análisis por tamizado de agregados finos-ASTM C 136.....</i>	47
Tabla 6	<i>Muestra 2- Análisis por tamizado de agregados finos-ASTM C 136.....</i>	48
Tabla 7	<i>Características de la muestra de mortero con una resistencia de $f'c$ 125 kg/cm². 49</i>	
Tabla 8	<i>Características de la muestra de mortero con una resistencia de $f'c$ 100 kg/cm². 50</i>	
Tabla 9	<i>Características de la muestra de mortero con una resistencia de $f'c$ 115 kg/cm². 52</i>	
Tabla 10	<i>Resultados de la muestra de mortero con una resistencia de $f'c$ 125 kg/cm².....</i>	53
Tabla 11	<i>Resultados de la muestra de mortero con una resistencia de $f'c$ 100 kg/cm².....</i>	54
Tabla 12	<i>Resultados de la muestra de mortero con una resistencia de $f'c$ 115 kg/cm².....</i>	54

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfico 1	<i>Curva granulométrica.....</i>	47
Gráfico 2	<i>Curva granulométrica.....</i>	48

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1.</i> Diversas presentaciones y tipos de cemento portland. Fuente: www.arqhys.com (2012).....	21
<i>Ilustración 2.</i> Cal aérea previa al proceso de pulverización. Fuente: patologiasconstrucción.net (2017)	23
<i>Ilustración 3.</i> Diversas formas del yeso en estado natural. Fuente: Manual de ejecución revestimientos con yeso(ATEDY Sección Fabricantes de productos en polvo, 2017).....	25
<i>Ilustración 4.</i> Acceso al área minera de Sillahuan. Fuente: elaborada por el autor.	43

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Esquema de clasificación de materiales puzolánicos. Fuente: Prof. F. Massazza(Santamaria Soria, 1983).....	10
<i>Figura 2.</i> Tipos de cales según sus propiedades y origen. Fuente: elaborado por el autor.	22

INTRODUCCIÓN

Desde hace miles de años los morteros han jugado un papel importante en el desarrollo de la humanidad como una herramienta que evoluciona a la par de cada sociedad y los sistemas constructivos propios de cada región (Álvarez Galindo, Martín Pérez, & García Casado, 1995).

Podemos entender que los morteros son combinaciones de un aglomerante, un agregado como la arena y agua, que al juntarse se transforman en una mezcla plástica, cuya función principal es servir como aglutinante para paredes de bloques y ladrillos, así como para revestir las mismas con revoque o enlucidos de dicho mortero.

Existen diversos tipos de morteros y se clasifican según el material aglomerante que puede ser cemento, yeso o cal (Cátedra de Ingeniería Rural, 2017). Estos aglomerantes al combinarse con agua se denominan pastas, las cuales dependiendo de la proporción de agua adquieren diversas consistencias y usos, siendo de consistencia normal cuando la proporción de agua es equivalente al vacío del aglomerante suelto, si el contenido de agua es mayor se pasa a denominar fluida y si es menor sería seca, en caso de que el aglomerante represente menos de la quinta parte del contenido de agua, se denomina lechada.

El mortero tiene menores resistencias, debe tener la capacidad de retener agua y tener un alto contenido de aire. Hay tres tipos de mortero tipos M, S y N. Tipo M alcanzará una resistencia a la compresión de 2500 psi a los 28 días. El tipo S arrojará 1800 mientras que el tipo N rinde 750. Como referencia, la mayoría del concreto en general está en el rango de

4000 psi, pero puede alcanzar hasta 8000 psi para aplicaciones especiales (ASTM International, 2017).

Se pueden hacer la mezcla de mortero de manera manual o de manera mecánica en una concretera o mezcladora de concreto. También existen mezclas de morteros predosificados, en la actualidad hay empresas que ofrecen estos productos de manera especializada, como es el caso de la empresa SIKA que ofrece 3 líneas de productos las cuales son: Sika Enlucido, Sika Nivelado Piso y Sika Paga Bloque (Grupo Sika, 2018), siendo cada producto para un tipo de trabajo específico. El principal problema de estos productos especializados son los costos, los cuales se elevan al tratarse de grandes obras, y no poseen en su gran mayoría arena volcánica como agregado, que dependiendo de la ubicación de la obra puede representar un factor importante en ahorro.

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA A INVESTIGAR

1.1. PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO

El mal uso y dosificación de la arena volcánica como agregado en la elaboración de morteros para el revestimiento de paredes, causa que el mortero no posea las propiedades de adherencia, maleabilidad y duración deseables, reflejándose en daños posteriores a la ejecución de la obra.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Influencia de la arena volcánica como agregado en la producción de morteros y las propiedades de adherencia, maleabilidad, duración y calidad de acabado.

1.3. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

¿De qué forma y cuál es la dosificación ideal que se debe utilizar de arena volcánica como agregado, para mejorar la resistencia del mortero?

¿De qué forma y cuál es la dosificación ideal que se debe utilizar de arena volcánica como agregado, para mejorar la adherencia del mortero?

¿De qué forma y cuál es la dosificación ideal que se debe utilizar de arena volcánica como agregado, para mejorar la durabilidad del mortero?

¿Cuál es el procedimiento óptimo que debe implementar el albañil durante la preparación de la mezcla de mortero?

1.4. OBJETIVO GENERAL

Diseñar una mezcla de mortero óptima con arena volcánica como agregado, para maximizar las propiedades físicas y mecánicas de dicho mortero.

1.5. OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- ✓ Establecer las condiciones óptimas de la arena volcánica, para ser utilizada como agregado de la preparación de morteros.
- ✓ Estructurar un procedimiento ideal para la producción de morteros con arena volcánica como agregado.
- ✓ Definir la dosificación optima de arena volcánica como agregado, para mezclas de morteros destinadas a revestimientos de paredes.

1.6. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La producción de un mortero óptimo es necesaria para garantizar un producto con acabado de calidad, que garantice durabilidad, resistencia, adherencia, y que sea maleable, ya que de esto último dependen los tiempos de ejecución en obra, traduciéndose en reducción de costos y tiempos de obra.

1.7. DELIMITACIÓN Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se centra en el diseño de un mortero con arena volcánica, cuyo uso es principalmente constructivo, aplicado como acabado en las paredes de las edificaciones o revoque y para pegar bloques.

1.8. PLANTEAMIENTO HIPOTÉTICO

Un mortero de alta calidad con una dosificación optima y clasificación adecuada de arena volcánica, permite alcanzar óptimos acabados en construcción y propiedades del material, donde gracias a la facilidad de obtención de la arena volcánica, se logra una reducción de costos en comparación con otros agregados.

CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

Los primeros morteros estaban hechos de barro y arcilla. Debido a la falta de piedra y la abundancia de arcilla, las construcciones babilónicas eran de ladrillo cocido, con cal o brea para mortero. Según el arqueólogo francés Román Ghirshman, la primera evidencia de que los humanos usaban una forma de mortero estaba en el Mehrgarh de Baluchistán en Pakistán, construido con ladrillos secados al sol en 6500 a.C. (Aurangzeb & Carsten, 2013) Los antiguos sitios de la civilización de Harappan del tercer milenio a.C., están contruidos con ladrillos cocidos al horno y un mortero de yeso.

El mortero de yeso, también llamado yeso de París se usó en la construcción de las pirámides egipcias y muchas otras estructuras antiguas (Universidad de Granada, 2007). Está hecho de yeso, que requiere una temperatura de cocción más baja, por lo tanto, es más fácil de hacer que el mortero de cal y se instala mucho más rápido, lo que puede ser una razón por la que se usó como el típico mortero en construcciones antiguas de arcos y bóvedas de ladrillo. El mortero de yeso no es tan duradero como otros morteros en condiciones húmedas.

En las primeras pirámides egipcias, que se construyeron durante el Imperio Antiguo (~2600-2500 a.C.), los bloques de piedra caliza fueron atados por mortero de barro y arcilla, o arcilla y arena. En las pirámides egipcias posteriores, el mortero estaba hecho de yeso o de cal (Universidad de Granada, 2007). El mortero de yeso era esencialmente una mezcla de yeso y arena y era bastante suave.

En el subcontinente indio, se han observado múltiples tipos de cemento en los sitios de la civilización del valle del Indo, como el asentamiento de la ciudad de Mohenjo-Daro, que data

de antes de 2600 a.C. (Román López, 1997). El cemento de yeso que era "gris claro y contenía arena, arcilla, restos de carbonato de calcio y un alto porcentaje de cal" se utilizó en la construcción de pozos, desagües y en el exterior de edificios importantes. El mortero bituminoso también se usó en una frecuencia más baja, incluso en el Gran Baño en Mohenjo- Daro.

Históricamente, la construcción con concreto y mortero apareció luego en Grecia. La excavación del acueducto subterráneo de Megara reveló que un yacimiento estaba cubierto con un mortero puzolánico de 12 mm de espesor (Cátedra de Ingeniería Rural, 2017). Este acueducto data del. 500 a.C. El mortero puzolánico es un mortero a base de cal, pero está hecho con un aditivo de ceniza volcánica que permite que se endurezca bajo el agua; por lo tanto, se conoce como cemento hidráulico. Los griegos obtuvieron la ceniza volcánica de las islas griegas Thira y Nisiros, o de la entonces colonia griega de Dicaearchia (Pozzuoli) cerca de Nápoles, Italia (Salazar J., 2016). Los romanos mejoraron más tarde el uso y los métodos para hacer lo que se conoció como cemento y mortero puzolánico. Incluso más tarde, los romanos utilizaron un mortero sin puzolana utilizando terracota triturada, introduciendo óxido de aluminio y dióxido de silicio en la mezcla. Este mortero no era tan fuerte como el mortero puzolánico, pero, como era más denso, resistía mejor la penetración del agua.

El mortero hidráulico no estaba disponible en la antigua China, posiblemente debido a la falta de cenizas volcánicas. Alrededor de 500 d.C., la sopa de arroz pegajoso se mezcló con cal apagada para hacer un mortero de arroz pegajoso compuesto inorgánico-orgánico que tenía más resistencia y resistencia al agua que el mortero de cal (Álvarez Galindo, Martín Pérez, & García Casado, 1995).

No se entiende cómo el arte de hacer mortero hidráulico y cemento, que fue perfeccionado y en uso tan extendido tanto por los griegos como por los romanos, se perdió durante casi dos milenios. Durante la Edad Media, cuando se construían las catedrales góticas, el único ingrediente activo en el mortero era la cal. Debido a que el mortero de cal curado puede degradarse por el contacto con el agua, muchas estructuras sufrieron por las lluvias y vientos a través de los siglos (Álvarez Galindo, Martín Pérez, & García Casado, 1995).

2.2. MARCO REFERENCIAL

La arena volcánica está compuesta principalmente de minerales aluminosilicatos o Zeolitas. El primer depósito de zeolita fue descubierto en Jordania en 1987, en la toba volcánica cuaternaria del volcán Jabal Al Aritayn en el noreste de Jordania (Costafreda Mustelier, 2014). En 1996, se descubrieron seis localidades con depósitos de zeolita en los afloramientos de toba volcánica en el noreste de Jordania. De acuerdo con estimaciones de la Autoridad de Recursos Naturales, las reservas de toba volcánica en Jordania superan los dos mil millones de toneladas.

Las ventajas de la toba volcánica incluyen su estructura altamente porosa, su gran superficie y su baja densidad. Está disponible en diferentes tipos, tamaños y colores, y puede reducir el peso del concreto. Al igual que otros materiales puzolánicos, como los vapores de sílice y las cenizas volantes, la sustitución con zeolita puede mejorar la resistencia del hormigón a través de la reacción puzolánica con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (Negis, 1999). Puede prevenir la segregación y la delaminación del concreto fresco, facilitar los procesos de bombeo, disminuir la permeabilidad del concreto endurecido, mejorar la durabilidad (especialmente la resistencia a las reacciones de álcali-agregado), aumentar la resistencia del concreto y minimizar las grietas en el concreto.

Muchos estudios recientes han examinado la viabilidad de usar toba volcánica como agregado liviano, piedra de construcción y puzolanas en cementos y hormigones (Abali, Bayca, & Targan, 2006). La Oficina de Reclamación del Departamento del Interior de EEUU, estudió las propiedades físicas y químicas de varios tipos de agregados livianos, incluida la toba volcánica (escoria y piedra pómez) (USBR, US Bureau of Reclamation, 1963). Los resultados verificaron la viabilidad de usar tales agregados para producir concreto liviano. También usaron escoria y algunas escorias expandidas para producir concreto liviano con resistencia a la compresión intermedia, trabajabilidad variable y pesos ligeros muy satisfactorios que van desde 90 a 110 libras por pie cúbico. Los autores investigaron las propiedades de la arena de toba volcánica y comprobaron su idoneidad para su uso en mezclas de mortero. Sus resultados indicaron que la arena de toba volcánica aumentó la adhesión del mortero, la fuerza de unión y la durabilidad. Los autores informaron las propiedades físicas y mecánicas de la toba volcánica amarilla encontrada en Europa. Los investigadores examinaron cómo los agregados de toba volcánica afectan la unidad de peso y la resistencia del concreto, y encontraron que el peso y la fuerza de la unidad se redujeron a medida que aumentaba el porcentaje de toba volcánica. La adición de 9, 14, 15% en peso de toba volcánica a un cuerpo de azulejo de pared estándar, mostro que podría usarse con éxito para producir azulejos de pared (Kavas, 2004). Las propiedades alcalinas, la viscosidad, la absorción de agua y la resistencia a la compresión de las muestras se ven ligeramente afectadas al agregar toba volcánica. El uso de toba volcánica y otros materiales sirve formar un compuesto para bloques de mampostería.

2.3. MARCO CONCEPTUAL

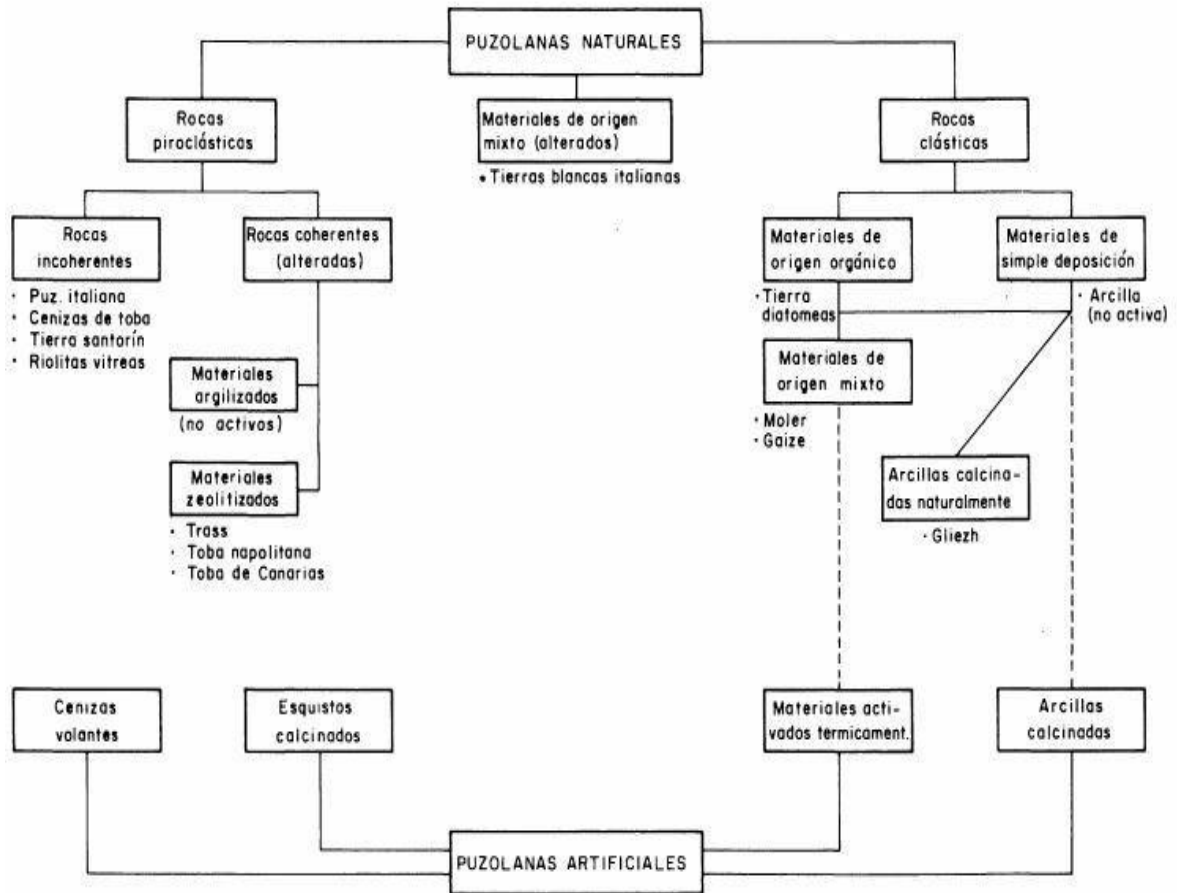
PUZOLANAS.

Las puzolanas son materiales que carecen de propiedades hidráulicas, pero están compuestos de sílice y alúmina, que le da la capacidad de fijar el hidróxido cálcico a temperatura ambiente, y en presencia de un alto contenido de humedad, el cual en una presentación granular altamente fina, da lugar a la formación de composiciones químicas estables hidráulicas (ASTM International, 2018).

Es por medio del hidróxido cálcico Ca(OH)_2 y la presencia del agua que se genera la reacción puzolánica, siendo esta una característica exclusiva de este tipo de materiales.

El término “puzolanas” proviene del nombre del municipio Pozzuoli, proximidades de Nápoles, Italia (Álvarez Galindo, Martín Pérez, & García Casado, 1995). En un principio se usó para denominar el material proveniente específicamente de la toba volcánica existente en el sector (Santamaria Soria, 1983), pero luego se generalizó el uso del término para materiales con diversos orígenes y composición, pero que se comportan de igual manera al mezclarse con cemento o cal, y agua.

Las puzolanas se le puede clasificar en naturales que no necesitan alguna modificación química al momento de ser empleadas, y las artificiales que requieren ser modificadas a nivel estructural o química, ya que el material no posee propiedades puzolánicas o eran en principio muy débiles. Dicha clasificación se puede observar en la *Figura 1*. Esquema de clasificación de materiales puzolánicos. Fuente: Prof. F. Massazza



CLASIFICACION DE LAS PUZOLANAS (Prof. F. Massazza)

Figura 1. Esquema de clasificación de materiales puzolánicos. Fuente: Prof. F. Massazza(Santamaria Soria, 1983)

PUZOLANAS ARTIFICIALES.

Son aquellos materiales que se les debe aplicar un tratamiento térmico para activar la propiedad puzolánica. Dentro de los materiales bases existen dos grupos, el primero está conformado por los materiales silicatados de origen natural arcilloso o esquistoso (Salazar J., 2016). El segundo grupo está conformado por subproductos de diversos procesos industriales que debido a las transformaciones en dichos procesos adquieren características puzolánicas.

Algunos de los materiales puzolánicos subproductos de procesos industriales son los desechos cerámicos, bauxitas utilizadas para conseguir aluminio, polvo de hornos y cenizas de termoeléctricas.

Esquistos Calcinados y arcillas (materiales naturales silicatados).

Las puzolanas calcinadas más comunes utilizadas en la actualidad son materiales procesados, que se tratan térmicamente en un horno y luego molida hasta obtener un polvo fino (figuras 3-10, 3-11 y 3-12) para mejorar sus propiedades puzzolánicas; ellos incluyen arcilla calcinada, pizarra calcinada y metacaolín.

Las arcillas calcinadas se usan en concreto de uso general construcción muy similar a otras puzolanas. Se pueden usar como un reemplazo parcial del cemento, típicamente en el rango de 15% a 35%, y para mejorar la resistencia para atacar con sulfato, controlar la reactividad de álcali-sílice y reducir la permeabilidad. Las arcillas calcinadas tienen una densidad relativa de entre 2.40 y 2.61 con finura Blaine que van desde 650 m² / kg a 1350 m² / kg (Santamaria Soria, 1983).

La pizarra calcinada puede contener el orden de 5% a 10% de calcio, que da como resultado el material tener algunas propiedades cementantes o hidráulicas propias. Debido a la cantidad de calcita residual que no es totalmente calcinado, y las moléculas de agua ligadas en la arcilla minerales, la pizarra calcinada tendrá una pérdida por ignición (LOI) de quizás del 1% al 5%. El valor de LOI para la pizarra calcinada no es una medida o indicación de contenido de carbono como sería el caso en cenizas volantes.

El metacaolín, una arcilla calcinada especial, es producida por baja temperatura calcinación de arcilla de caolín de alta pureza. El producto se muele a un tamaño de partícula promedio de aproximadamente 1 a 2 micrómetros (Santalla Blanco, 2013). Metacaolín se usa en aplicaciones especiales donde se requiere muy baja permeabilidad o muy alta resistencia. En estas aplicaciones, metacaolín se usa más como un aditivo al hormigón en lugar de un reemplazo de cemento; adiciones típicas son alrededor del 10% de la masa de cemento.

Cenizas volantes (Subproductos naturales).

Las cenizas volantes son un subproducto de la combustión de carbón pulverizado en plantas generadoras de energía eléctrica. Durante ignición en el horno, la mayor parte de la materia volátil y el carbón en el carbón se quema. Durante la combustión, las impurezas minerales del carbón (como arcilla, feldespato, cuarzo, y esquistos) se fusionan en suspensión y son llevados a la cámara de combustión por los gases de escape (Molina Bas, 2008).

En el proceso, el material fusionado se enfría y se solidifica en partículas esféricas vítreas llamadas cenizas volantes. La ceniza volante es luego separada de los gases de escape por electrostática, precipitadores o filtro. La ceniza volante está finamente pulverizada parecido al cemento portland.

La mayoría de las partículas de cenizas volantes son esferas sólidas y algunas son cenosferas huecas. También están presentes las plerosferas, que son esferas que contienen esferas más pequeñas.

Los tamaños de partículas en la ceniza volante varían desde menos de 1 μm (micrómetro) a más de 100 μm con el típico tamaño de partícula que mide menos de 20 μm .

Solo del 10% al 30% de las partículas en masa son mayores de 45 μm . La superficie el área suele ser de 300 a 500 m^2 / kg , aunque algunas cenizas volantes pueden tener áreas superficiales tan bajas como 200 $\mu\text{m}^2 / \text{kg}$ y tan altas como 700 $\mu\text{m}^2 / \text{kg}$.

Para cenizas volantes sin compactación cercana, el volumen densidad (masa por unidad de volumen, incluido el aire) puede variar de 540 a 860 kg / m^3 , mientras que, con almacenamiento compacto o vibración, el rango puede ser de 1120 a 1500 kg / m^3 .

La ceniza volante es principalmente vidrio de silicato que contiene sílice, alúmina, hierro y calcio. Los componentes menores son magnesio, azufre, sodio, potasio y carbono. Cristalinolos compuestos están presentes en pequeñas cantidades.

PUZOLANAS NATURALES.

Las puzolanas naturales son materiales de origen volcánico de origen natural tales como algunas tierras de diatomeas; pizarras y opalinas; tobas y cenizas volcánicas o pumicitos, cualquiera de los cuales puede ser o no procesado por calcinación; y varios materiales que requieren calcinaciones para inducir propiedades satisfactorias, tales como algunas arcillas y pizarras(Villegas Martinez, 2013).

Durante la calcinación, que puede ocurrir naturalmente o puede, debe llevarse a cabo como parte de una operación de procesamiento, los minerales de la arcilla se descomponen para formar una estructura amorfa o desordenada de aluminosilicato que reacciona de buena gana con la cal a temperaturas normales. Puzolanas naturales por lo general requiere molienda a la finura del cemento para ser utilizado en cementos.

Las puzolanas naturales crudas o procesadas han sido utilizadas por la humanidad para propósitos de construcción por miles de años. Morteros y hormigones usando una mezcla de cal y una puzolana natural, típicamente una ceniza volcánica o toba volcánica, desarrollado y utilizado por los griegos (700-600 a.C.), y más tarde los romanos (150 d.C.), para construir estructuras duraderas que contengan agua, como acueductos y agua tanques de almacenaje(Salazar J., 2016).

Materiales de origen volcánico (rocas piroclásticas).

Los sedimentos piroclásticos se forman por rotura explosiva de magma durante erupciones de diversos grados de violencia. Estos procesos implican la liberación explosiva de gases de magmas viscosos, produciendo una columna de erupción sobre el volcán. La extinción rápida de la expulsión explosiva o aérea del magma da como resultado un material vítreo que contiene burbujas de aire atrapadas.

Un depósito piroclástico es la capa resultante o pila de material que ha caído al suelo por una o muchas erupciones piroclásticas. Una roca piroclástica es la versión endurecida, solidificada o comprimida de un depósito de sedimentos piroclásticos.

Alguno de los materiales de origen volcánico que son utilizados en la actualidad para la construcción son: la arena volcánica y la toba volcánica molida.

Materiales de origen clástico.

Las rocas clásticas son rocas sedimentarias sólidas formadas por rocas fragmentos derivados de rocas preexistentes. Estos fragmentos, que han sido formado durante el desgaste químico de rocas, y ha sido transportado mecánicamente a sus lugares de deposición, puede

haber sido originalmente de rocas ígneas, rocas metamórficas o incluso otras rocas sedimentarias.

Estas son en su mayoría procesadas como materia prima para la producción de puzolanas de artificiales, ya que la mayoría de las veces sus propiedades son semi- puzolánicas.

Ventajas del empleo de las puzolanas.

Saludable y seguro: las puzolanas naturales están libres de sílice cristalina y otros materiales peligrosos. Mientras que las puzolanas artificiales de los productos de desecho con variabilidad ocasional en sus propiedades químicas y físicas, una puzolana natural cuidadosamente seleccionada y refinada, es la opción segura y consistente para el medio ambiente.

Reduce la Huella de Carbono: La producción de cemento requiere la "quema" de piedra caliza a altas temperaturas. Este proceso consume una gran cantidad de combustible a base de carbono y, a medida que se calienta, libera dióxido de carbono adicional en la atmósfera para formar cal, el componente clave del cemento. La producción de cemento Portland representa aproximadamente el 5% de todas las emisiones de carbono anuales en todo el mundo. La puzolana natural puede reemplazar hasta un 40 por ciento (en peso) el cemento Portland en una mezcla de concreto como material de cemento suplementario, lo que ayuda a compensar la huella de carbono del cemento al tiempo que mejora su rendimiento y durabilidad (Salazar J., 2016).

Capacidad de trabajo y tiempos de fraguado: los diseños de mezclas basadas en puzolanas naturales sin procesar han establecido tiempos que no son significativamente más largos que

el del cemento al 100%. Algunas puzolanas naturales calcinadas, en realidad pueden acortar los tiempos establecidos y aumentar las fortalezas a corto como a largo plazo.

LOS MORTEROS

DEFINICIÓN

El mortero es una pasta procesable que se prepara agregando la cantidad requerida de agua a una mezcla de material de unión o aglomerante (también llamada matriz) y agregado fino (adulterante) (Cátedra de Ingeniería Rural, 2017). Esta pasta de propiedades plásticas es útil para unir materiales de construcción como piedra o ladrillo, y como revoque para paredes.

Existen diferentes tipos de morteros utilizados en las obras de construcción en función de la naturaleza de la aplicación, el material de unión, la densidad y los fines especiales para los que se utiliza.

COMPOSICIÓN DE LOS MORTEROS

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. A continuación, se desglosan dichos componentes:

AGUA

El agua es uno de los componentes fundamentales en la elaboración de los morteros, y juega un papel principal en la reacción química que genera el endurecimiento del mortero. Esta se utiliza en las diversas etapas en la elaboración de los morteros, empezando por el lavado de los agregados, el mezclado y la etapa final de curado.

Es el agua el componente que se puede adquirir de manera más fácil y el más económico, para la elaboración de los morteros, y la dosificación de este es tan importante como la de los aglomerantes o los agregados. La cantidad de agua aplicada va a determinar la consistencia, plasticidad, maleabilidad, resistencia final, asentamiento, y permeabilidad.

Pureza del agua.

Es de vital importancia que el agua utilizada para la elaboración de los morteros sea de la más alta calidad, ya que juega un papel determinante en la resistencia del mortero. Si el agua poseyera algún contaminante químico, esto podría desencadenar una reacción que comprometería la resistencia de la mezcla, también pueden interferir en la hidratación del aglomerante, modificar el tiempo de fraguado, pueden aparecer manchas, entre otros.

Los contaminantes que pueden estar presentes en el agua pueden estar en estado de suspensión o disueltas, los cuales podrían ser: cloruros, sales ferrosas, sales inorgánicas, carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, ácidos, aceites, materia orgánica, y sedimentos.

Muchas veces se pueden usar aguas que no son aptas para el consumo humano, pero que cumplen las condiciones para ser usadas como agua para mezclas. La aptitud de las aguas para su uso en mezclas de mortero se puede establecer por medio de la norma IRAM 1601 (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 1986), considerando nocivas para la mezcla aquellas que posean un alto contenido de los contaminantes antes mencionados.

Si existe alguna duda sobre la calidad y pureza del agua destinada a la elaboración de mezclas, es necesario realizar pruebas de laboratorio y así determinar si es apta. Se puede

sospechar de la calidad del agua si posee espuma, si es gaseosa, si posee un olor, o color particular, o si posee impurezas.

El agua que se utilice en el lavado de los agregados tampoco debe contener impurezas que puedan afectar la mezcla para morteros.

Finalmente, el agua de contacto debe ser considerada como factor determinante en la integridad del mortero, es necesario que se tomen las previsiones en el diseño, principalmente en zonas costeras.

Agua de mezclado.

El agua de mezclado es la que se requiere para elaborar el mortero que, en conjunto con la humedad contenida del agregado (Cátedra de Ingeniería Rural, 2017), tiene la función de

- ✓ Reaccionar con el aglomerante al producirse la hidratación de este.
- ✓ Servir como lubricante entre los componentes de la mezcla para una mejor maleabilidad.
- ✓ Ocupar el espacio necesario en la mezcla para la hidratación del producto y aumento de volumen.

Agua de curado.

La pureza del agua de mezclado también se establece a partir de la norma IRAM 1601, y debe ser de tan alta calidad como el agua de mezclado, esto debido a que los morteros en la corta edad de fraguado son considerablemente permeables. Las sustancias contenidas en el agua de curado también pueden producir manchas o decoloraciones en la superficie del mortero.

La temperatura del agua en esta etapa también es un factor de alta importancia, ya que, si la diferencia de temperatura entre la superficie del mortero y el agua es mucha, pudiesen producirse fisuras debido a la contracción o dilatación brusca de la superficie (Cátedra de Ingeniería Rural, 2017).

Agua de contacto.

Si el mortero va a estar en contacto permanente o intermitente con agua, es importante analizar su composición y pureza, ya que pone en riesgo la integridad y durabilidad de este. De igual forma se debe tomar en cuenta el nivel freático, ya que el agua contenido en el subsuelo puede poseer agentes que puedan afectar al mortero.

Por medio del reglamento CIRSOC 201-2005 (Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles, 2005), se establece el nivel de agresividad del ataque por agentes presentes en el agua, pudiendo ser moderado, fuerte o muy fuerte.

Se debe evitar o prever el contacto con los siguientes tipos de agua:

- ✓ Agua selenitosa (H_2O+SO_4Ca)
- ✓ Agua magnésica (H_2O+SO_4Mg)
- ✓ Aguas de mar (alto contenido en sales)
- ✓ Aguas residuales (puede contener diversos contaminantes)

Agua de Lavado.

El agua utilizada para lavar agregados como para equipos para la elaboración de morteros, no debe contener residuos que produzcan capas o revestimientos en estos elementos, y que posteriormente se transfieran al mortero.

AGLOMERANTES

Cemento.

El cemento Portland es el tipo más común de cemento de uso general en todo el mundo como ingrediente básico del concreto, los morteros, estucos y lechada no especial.

Fue desarrollado a partir de otros tipos de cal hidráulica en Inglaterra a mediados del siglo XIX, y generalmente proviene de la piedra caliza. Es un polvo fino, producido calentando piedra caliza y minerales de arcilla en un horno para formar clínker, moliendo el clínker y agregando 2% a 3% de yeso.

Hay varios tipos de cemento Portland disponibles. El más común, llamado cemento Portland ordinario (OPC), es de color gris, pero el cemento Portland blanco también está disponible. Su nombre se deriva de su similitud con la piedra de Portland, que fue extraída en la isla de Portland en Dorset, Inglaterra. Fue nombrado por Joseph Aspdin que obtuvo una patente para ello en 1824. Sin embargo, William Aspdin es considerado como el inventor del cemento Portland "moderno" debido a sus desarrollos en la década de 1840 (Sanjúan Barbudo & Chinchón Yepes, 2014).

El cemento Portland es cáustico, por lo que puede causar quemaduras químicas. (Sanjúan Barbudo & Chinchón Yepes, 2014). El polvo puede causar irritación o, con exposición severa, cáncer de pulmón, y puede contener algunos componentes peligrosos; como la sílice cristalina y el cromo hexavalente. Las preocupaciones ambientales son la alta energía requerida para extraer, fabricar y transportar el cemento; y la contaminación atmosférica relacionada, incluida la liberación de gases de efecto invernadero (por ejemplo, dióxido de carbono), dioxinas, NO_x, SO₂ y partículas.

El bajo costo y la disponibilidad generalizada de la piedra caliza, las lutitas y otros materiales naturales que se utilizan en el cemento Portland lo convierten en uno de los materiales de menor costo ampliamente utilizados en el último siglo. El concreto producido a partir del cemento Portland es uno de los materiales de construcción más versátiles del mundo.



Ilustración 1. Diversas presentaciones y tipos de cemento portland.
Fuente: www.arqhys.com (2012)

Cal.

La cal de construcción se ha utilizado como aglutinante en morteros y yesos durante miles de años; el ejemplo más antiguo que sobrevivió data de alrededor del 8000 a.C. en un piso en Turquía. La cal fue uno de los principales aglutinantes de los principales proyectos de construcción e ingeniería civil del Imperio Romano hace más de 2.000 años. Continuó en uso como uno de los principales aglutinantes para todas las formas de construcción, incluidos castillos, catedrales, puentes, puertos y canales hasta el siglo pasado, no solo en Europa, sino en todo el mundo (Álvarez Galindo, Martín Pérez, & García Casado, 1995).

Fue solo la introducción del cemento a mediados del siglo XIX lo que llevó a la disminución del uso de la cal, que culminó con su virtual desaparición a mediados del siglo XX.

La evidencia emergente en la década de 1970 del daño causado a los edificios históricos por el uso de morteros de cemento y yesos modernos ha llevado a un renacimiento en el uso de la cal durante los últimos 40 años, no solo para la conservación sino también para las construcciones nuevas.

Hay dos tipos principales de cal:

- Cal aérea, porque se endurece al exponerse al aire.
- Cal con propiedad hidráulica, también conocida como cal de agua.

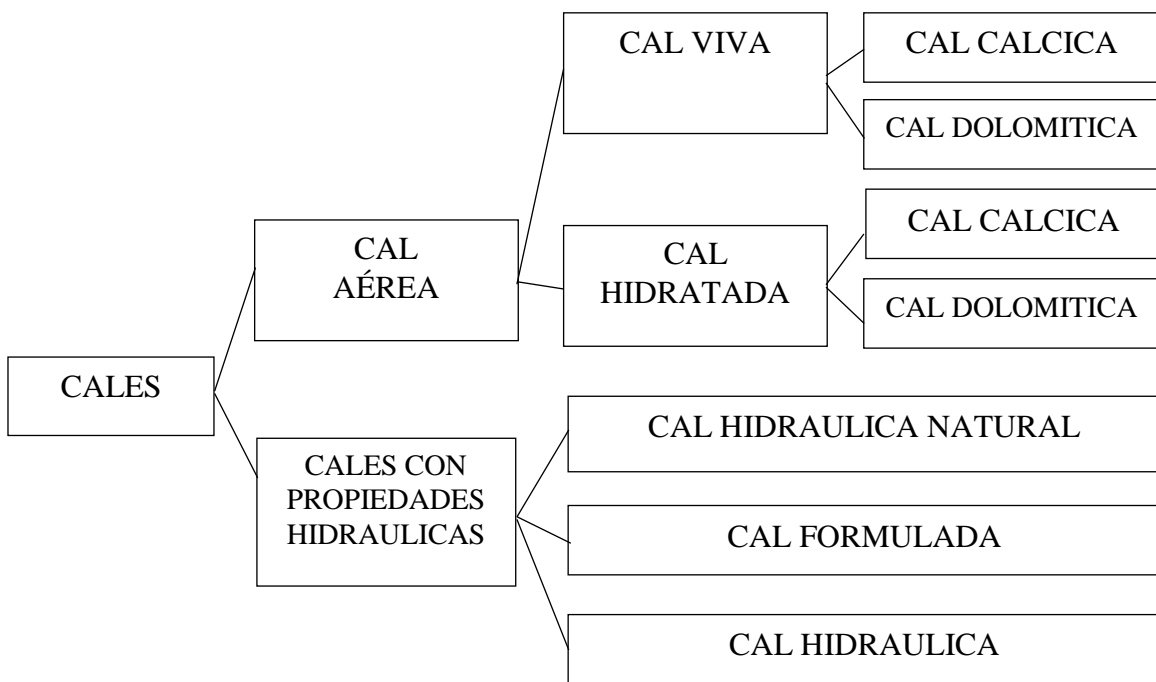


Figura 2. Tipos de cales según sus propiedades y origen. Fuente: elaborado por el autor.

La cal aérea se subdivide en cal viva y cal hidratada. La cal viva se crea quemando piedra caliza, mármol, tiza o concha a más de 900°C para eliminar el dióxido de carbono. Si el material quemado es carbonato de calcio puro, entonces se produce cal viva pura. Si el material que se está quemando contiene impurezas, por lo general, silicatos de aluminio y magnesio, se produce una carga hidráulica rápida (Cymper, 2018).

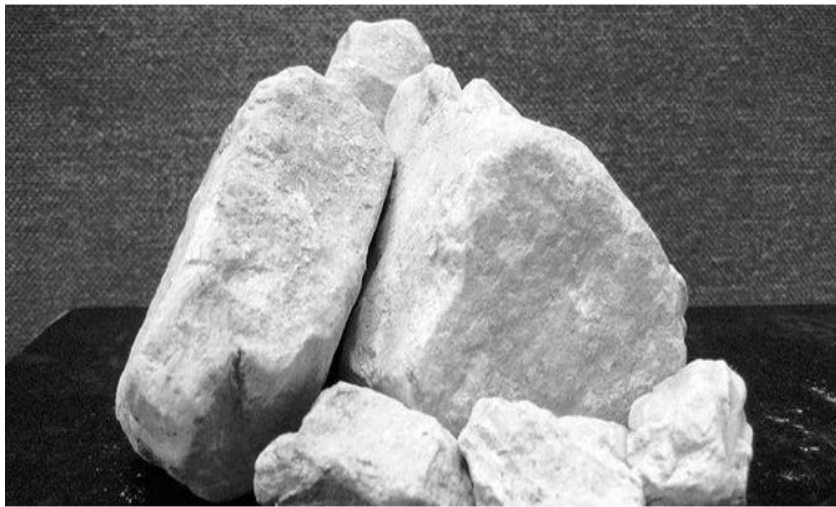


Ilustración 2. Cal aérea previa al proceso de pulverización.
Fuente: patologiasconstrucción.net (2017)

La cal se crea añadiendo cal viva al agua, lo que se conoce como "apagado". Con la cal viva hidratada se usa suficiente agua para producir un polvo seco o cal pura. La cal pura se produce como masilla o como polvo (Dirección general de desarrollo minero, 2013).

El polvo de cal también se conoce como la cal de los constructores, porque está disponible para los comerciantes de la construcción y es utilizada por los constructores para hacer los morteros.

La cal es el ingrediente básico en morteros, yesos y pintura de cal. El mortero de cal es en el que se mezcla cal con un agregado. Los yesos de cal tienen un agregado más fino y

normalmente también se les agrega pelo de animal. La cal mezclada con agua forma pintura de cal que también puede tener pigmento agregado.

Cuando se exponen al aire, tanto los morteros de cal viva y cal hidráulica se endurecen reabsorbiendo dióxido de carbono para volverse carbonato de calcio. Esto se llama carbonatación. Además, en los morteros de cal hidratada, los silicatos producen una reacción química.

Generalmente, se considera que la masilla es más confiable, pero a condición de que los morteros y emplastes hechos de cal puedan madurar durante unos días antes de su uso, se pueden lograr resultados satisfactorios.

Un compuesto químico acelerador puede ser inducido en morteros de cal mediante la adición de puzolanas, tales como arcillas, polvo de ladrillo o cenizas volcánicas que proporcionan los silicatos.

Los morteros de cal hidráulica se endurecen más rápido y más duro que la cal pura, y se usan con más frecuencia para revestimientos exteriores y mampostería, especialmente en situaciones expuestas o húmedas. La fuerza del conjunto químico aumenta con la proporción de silicatos.

Yeso.

El yeso es uno de los materiales de construcción más ampliamente utilizados principalmente en el diseño de interiores. Se discuten las propiedades y productos de yeso para ser utilizados como material de construcción en obras de construcción.

El yeso se usa como materiales de superficie. Su aplicación es prominente en la construcción de paredes y techos.

El yeso es un mineral blanco a gris que se encuentra en la corteza terrestre. Se conoce químicamente como sulfato cálcico hidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) que se obtiene a través de la extracción de grandes venas. Se presenta en diversas formas de manera natural y se ve como arena en ciertas áreas (ATEDY Sección Fabricantes de productos en polvo, 2017).

La piedra de yeso, que se llama alabastro, tiene la propiedad de tallarse a cualquier forma de escultura. Esta piedra es translúcida por naturaleza.



Ilustración 3. Diversas formas del yeso en estado natural. Fuente: Manual de ejecución revestimientos con yeso (ATEDY Sección Fabricantes de productos en polvo, 2017).

Posee en alrededor del 30% de agua en estado natural. Esta agua se elimina del yeso mediante calentamiento continuo hasta que se obtiene su forma de polvo blanco.

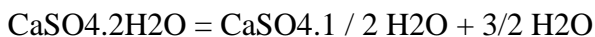
En la producción de yeso se pueden mencionar en las siguientes etapas:

- Excavación
- Aplastante
- Molienda

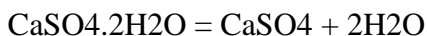
- Calcinación
- Enfriamiento y pulverización
- Embalaje

La excavación implica recolectar los materiales de su fuente principalmente a través de la minería. También se depositan en el agua de mar o el lago. Luego se tritura en partículas de un tamaño de aproximadamente 25 mm y se somete nuevamente a trituración de manera posterior.

En el proceso de calcinación las partículas se calientan entre 100 y 190 grados Celsius, lo que resulta en la pérdida parcial de agua de la partícula (ATEDY Sección Fabricantes de productos en polvo, 2017). Este proceso se conoce como la calcinación incompleta o el proceso de combustión baja. Que puede ser representado por la ecuación química:



La temperatura se incrementa aún más por encima de 190 grados Celsius, que forma un proceso de combustión intenso o calcinación completa:



La caliza húmeda, que es una combinación de calcio y agua, cuando se combina con sulfato que forma sulfato de calcio o yeso se denomina yeso químico o yeso sintético.

La capacidad del yeso para proporcionar un ambiente cómodo y estético a un material de construcción aumenta la demanda de yeso. Es un producto de la naturaleza que está

comúnmente disponible. Está libre de olor. Hoy en día, muchas de las características de construcción interior y exterior se rigen principalmente por la construcción de yeso o productos de yeso.

El avance de la construcción de yeso en un proceso continuo se debe a su reducido tiempo y costo de construcción. Con el tiempo, los productos de yeso ganan propiedades cada vez mayores, como una mayor resistencia al fuego, propiedades acústicas para el aislamiento del ruido, etc.

Las propiedades propias del yeso originan su gran demanda en la construcción, las cuales son:

- Resistencia al fuego.

No permite la propagación del fuego, lo que garantiza la seguridad de la vida. Ahora, esta resistencia del yeso al fuego se debe a la presencia de agua presente en los productos de yeso.

Digamos que una superficie de yeso de 15 mm de espesor tendría casi 3 litros de agua cristalina dentro. Cuando el fuego se acerca al agua, se evapora y se forma una capa protectora que cubre el producto de yeso. Esto ayudaría a detener la propagación del fuego a otros materiales.

- Propiedad no combustible de Yeso.

El calentamiento de los productos de yeso produce calentamiento de los cristales de agua presentes en el material de yeso. Esta deshidratación del yeso por calor se denomina calcinación. La calcinación da como resultado una cobertura sobre los materiales que

detienen su combustión y permiten que el material que se encuentra cerca de ellos mantenga una temperatura más baja.

Incluso después de la calcinación completa de los cristales de agua, el residuo se comportaría como una capa aislante hasta que se separe. Se considera que el yeso es un buen retardante de fuego debido a su propiedad no combustible y a su capacidad para retrasar la propagación del fuego durante horas, dependiendo de qué extensión se usen los productos de yeso.

- Propiedades acústicas del yeso.

Los productos de yeso se desarrollan para enfocarse más en las propiedades de aislamiento acústico. Esta propiedad hace que los productos de yeso sean de mayor demanda en comparación con otros materiales.

AGREGADOS

Arena.

Los depósitos de arena provienen de canales fluviales, llanuras inundables de ríos y depósitos glaciares. Existen depósitos de arena y grava de gran calidad, junto con la tecnología que le permite procesar el material en casi cualquier calidad para casi cualquier aplicación.

Como uno de los recursos naturales más accesibles, la arena se ha utilizado desde los primeros días de la civilización principalmente como material de construcción. A principios del siglo XX, la producción de arena para la construcción era relativamente pequeña y sus usos limitados. Hoy en día, el tonelaje anual de producción de arena y grava ocupa el

segundo lugar en la industria de minerales no combustibles después de la piedra triturada (Villegas Martinez, 2013).

La arena de construcción se utiliza para hacer concreto, para la construcción de carreteras, para mezclar con asfalto, como relleno de construcción y en la producción de materiales de construcción como bloques de hormigón, ladrillos y tuberías. La arena y la grava también pueden usarse para tejer tejas; en carreteras heladas en el invierno para una mayor tracción; como material de paisaje; en entradas de vehículos o estacionamientos; y también para filtración de agua.

La arena en sí viene en varios tamaños de grano. Se usa para propósitos cotidianos y proviene de muchas fuentes. La arena de la playa viene en granos muy finos y se usa en parques infantiles, canchas de voleibol, bunkers de campos de golf y areneros. También se puede usar en sacos de arena o para revestir los pisos de las arenas y otras superficies. La arena es principalmente de cuarzo, formada por la erosión de rocas ígneas como el granito. El cuarzo está molido, pero no se descompone químicamente. Después de un tiempo, todo lo que queda son los pequeños granos que se depositan en lechos de ríos y playas.

Arena volcánica

Se forma a partir de rocas expulsadas por los volcanes, que debido al calor se derriten y entran en estado de ebullición, lo que elimina las impurezas orgánicas, posteriormente el material se enfría de manera precipitada, generando rocas con cuantiosas de celdas de aire internas, estas rocas son de diversos tamaños, pero en la mayoría de los casos su granulometría es tan baja que se forman bancos de arena (Villegas Martinez, 2013).

La arena extraída de estos bancos volcánicos al mezclarse con cal puede adquirir una resistencia parecida a la de un mortero de cemento, debido a las propiedades puzolánicas de la arena volcánica.

La arena volcánica es de origen natural y de bajo costo, lo cual ha originado que se use en diversas ramas y áreas como la horticultura, los cultivos hidropónicos, mejoramiento de los suelos de cultivo y uso para retención de humedad, remoción de tóxicos y contaminantes, pero su uso más destacado ha sido en el campo de la construcción.

Alguno de los usos que se le da a la arena volcánica en la construcción son: cemento puzolánico, placas prefabricadas para paredes y techos, hornos, pisos atérmicos, materiales refractarios, cubiertas, ladrillos y boques, revoques de pared.

Algunas de las ventajas de la arena volcánica son:

- Buen aislamiento acústico.
- Buen aislante térmico con una reducción hasta del 200% de la transmisión del calor en relación con otros materiales.
- Es un material ignífugo, lo cual protege la estructura de las edificaciones al reducirse la posibilidad de propagación de las llamas, o al usarse como protección directa frente al fuego.
- Debido a su alto contenido de aire entre su estructura, la arena volcánica es ligera, lo cual ayuda a reducir importante mente el peso de las estructuras en una construcción.
- Las ventajas económicas de la arena volcánica no se limitan a su facilidad de extracción, también hay un ahorro considerable en cuanto al gasto energético por equipos de refrigeración y calefacción en las edificaciones, facilidad de uso,

reducción de la mano de obra, tiempos y equipos de instalación, costes de transporte, y los gastos por cálculo de cimentación y superestructura, y en algunos casos disminuye el costo de las pólizas de seguros.

- No tiene repercusiones con el medio ambiente.

ADITIVOS

Los aditivos utilizados en la elaboración de los morteros son adicionados para mejorar las propiedades de durabilidad, maleabilidad, retracción de fraguado, resistencia a la compresión, retardante de fraguado o acelerador de fraguado, resistencia a los rayos X, conducción térmica, entre otros (Universidad de Granada, 2007). La adición a la mezcla de aditivos va a estar en función a la disposición y uso final del mortero, y las variables que va a afectar el mismo. Algunos de los aditivos pueden ser:

- Polvo de Ladrillo
- Aserrín, polvo de madera o fibras de amianto, fibras de yute, bonote
- Piedra pómez y ceniza
- Arcilla-bentonita
- Roca pesada.
- Silicatos.
- Aditivos químicos.

TIPOS DE MORTEROS

Los siguientes son los tipos de morteros basados en diferentes factores:

BASADOS EN LA NATURALEZA DE LA APLICACIÓN

Hay dos tipos de morteros basados en la naturaleza de la aplicación. Son

- Ladrillo o piedra que pone el mortero
- Acabado de mortero

Albañilería o mortero de colocación de piedra

Generalmente, en las paredes de mampostería, las unidades estructurales, como piedras o ladrillos, se unen utilizando mortero. La proporción de ingredientes para este propósito se decide con respecto al tipo de material de unión utilizado.

Mortero de acabado

El mortero de acabado se usa para apuntar y enyesar. Para el tipo general de revoque se usa cemento o mortero de cal. El mortero de acabado también se utiliza para los efectos arquitectónicos de la construcción para dar apariencia estética. El mortero utilizado para los acabados ornamentales debe tener una gran resistencia, movilidad y resistencia a la acción atmosférica como la lluvia, el viento, etc.

BASADOS EN EL MATERIAL DE UNIÓN UTILIZADO O AGLOMERANTE.

En el mortero, el material vinculante desempeña un papel clave. La calidad, durabilidad y resistencia del mortero dependerán principalmente de la cantidad y calidad del material de unión utilizado. La clasificación basada en el material de enlace utilizado es la siguiente:

- Mortero de cemento
- Mortero de cal
- Mortero de yeso
- Mortero calibrado
- Mortero de cemento aireado

Mortero de cemento

En este tipo, el cemento se usa como material aglutinante y la arena se usa como adulterante (agregado fino). La proporción de cemento y arena se decide en función de la durabilidad y las condiciones de trabajo especificadas. El mortero de cemento dará alta resistencia y resistividad contra el agua. La proporción de cemento a arena puede variar de 1: 2 a 1: 6 (Sanjúan Barbudo & Chinchón Yepes, 2014).

Mortero de cal

En el caso del mortero de cal, la cal se usa como material de unión. Hay dos tipos de limas, a saber, la lima gorda y la lima hidráulica. La grasa de lima en el mortero de cal requiere de 2 a 3 veces de arena y se usa para trabajos en seco. La arena hidráulica y la arena en proporciones 1: 2 darán buenos resultados en condiciones húmedas y también son aptas para áreas con agua. El mortero de cal tiene una alta plasticidad entonces; puede ser colocado fácilmente

Mortero de Yeso

El mortero de yeso consiste en yeso y arena blanda como material aglutinante y agregado fino. En las estructuras antiguas egipcias llamadas como pirámides, se usa mortero de yeso. El mortero de yeso tendrá una baja durabilidad en condiciones de humedad.

Mortero calibrado

El mortero calibrado consiste en cal, cemento y arena. Sabíamos que el mortero de cal tiene una alta plasticidad y el cemento tiene una resistencia mayor que la cal, por lo que, cada vez que mezclamos ambos en algunas proporciones, la resultante dará dos propiedades de manera económica. Por lo tanto, esto también se conoce como mortero compuesto o mortero de cal-cemento. Por lo general, se usará una proporción de cemento de 1: 6 a 1: 8

para preparar el mortero calibrado.

Mortero de cemento aireado

El mortero de cemento general no contiene buena plasticidad y trabajabilidad. Para hacerlo más plástico y viable, se agregan agentes de incorporación de aire al mortero de cemento. El mortero resultante se llama mortero de cemento aireado.

BASADOS EN LA DENSIDAD APARENTE

Según la densidad aparente del mortero en estado seco, los morteros se clasifican en dos tipos:

- Mortero pesado
- Mortero ligero

Mortero pesado

Si el mortero tiene una densidad aparente de $15 \text{ KN} / \text{m}^3$ o más, se denomina mortero pesado. En general, los cuarzos pesados se usan como adulterantes en este tipo de morteros.

Mortero ligero

Si el mortero tiene una densidad aparente de menos de $15 \text{ KN} / \text{m}^3$, se denomina mortero ligero. En general arenas porosas ligeras, arenas suaves se utilizan como adulterantes en este tipo de morteros

MORTEROS DE USO ESPECIAL

Aparte de los tipos descritos anteriormente, hay algunos morteros con fines especiales son (Universidad de Granada, 2007):

- Mortero resistente al fuego.
- Mortero ligero.
- Mortero de sellado.
- Mortero absorbente de sonido.
- Mortero de blindaje de rayos X.
- Mortero resistente a los químicos.
- Morteros impermeabilizantes.

Mortero resistente al fuego.

Si hay advertencias de incendio a las estructuras en una zona en particular, entonces optaremos por el mortero resistente al fuego que actúa como escudo a prueba de fuego. Al agregar cemento aluminoso al polvo fino de ladrillos de fuego obtendremos mortero resistente al fuego.

Mortero ligero.

El mortero ligero generalmente se usa en construcciones insonorizadas y resistentes al calor. Se obtendrá añadiendo aserrín, polvo de madera o fibras de amianto, fibras de yute, bonote, etc. al mortero de cal o al mortero de cemento.

Mortero de sellado.

Los componentes de los morteros de sellado generalmente son de cemento-arena, de cemento-franco o a veces de cemento-arena-franco. Este tipo de mortero se usa para empacar

los pozos de petróleo. El mortero de empaque debe ser de alta homogeneidad, resistencia al agua y alta resistencia.

Mortero Absorbente.

Se usa para reducir el nivel de ruido y actúa como una capa a prueba de sonido. Consiste en cemento, cal, yeso, escoria, etc. como materiales aglutinantes y piedra pómez, cenizas como adulterantes.

Mortero blindado de rayos X.

Para proporcionar protección contra los efectos nocivos de los rayos X, las paredes y los techos de las salas de rayos X están recubiertos por un mortero protector de rayos X. Este es un mortero de tipo pesado con una densidad aparente de alrededor de 22KN / m³. Se utilizan agregados finos de roca pesada y aditivos adecuados para preparar este tipo de mortero.

Mortero resistente a químicos.

Generalmente se usa cuando hay una posibilidad de ataque químico sobre las estructuras. Se pueden preparar tantos tipos de morteros resistentes a los productos químicos, pero la selección del mortero depende del daño esperado por un químico o grupo de productos químicos en particular.

Los aditivos añadidos pueden no resistir todos los ataques químicos. Por ejemplo, el mortero químico tipo silicato resiste daños nítricos, crómicos, sulfúricos o ácidos, pero no puede prevenir la estructura contra el daño por álcalis de cualquier concentración

Morteros impermeabilizantes.

Estos morteros tienen una alta resistencia mecánica y se usan para construcciones estructurales, y para revestir paredes evitando así el paso del agua.

Se utilizan en general agregados finos que reduzcan el número de poros en la superficie del mortero, y se le adicionan aditivos químicos especiales como: oleatos, estearatos, y lauratos que son jabones metálicos, entre otros. Estos le dan la propiedad hidrófoba al mortero.

Otros aditivos como el sulfato de aluminio, coloides, oxalato sódico y el carbonato sódico, reaccionan hinchándose al contacto con el agua y generan una barrera que evita que el agua siga penetrando el mortero.

En la construcción se busca lograr morteros impermeables sin la necesidad de la utilización de aditivos, ya que estos representan un aumento considerable de la obra.

PROPIEDADES DE LOS MORTEROS

PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO

Se debe conocer el material a utilizar y la calidad deseada para la realización del trabajo, en base a esto se acepta o rechaza el material.

Maleabilidad o trabajabilidad

Propiedad que tiene el material para ser aplicado y extendido a un ladrillo o bloque de mampostería, o de adherirse a una superficie vertical, y la resistencia del mortero a fluir al ser fijada a la superficie. Es esta una propiedad compleja que depende de la capacidad de la

mezcla a la cohesión, adhesión, plasticidad, viscosidad y fluidez. No existe un método por el cual se pueda evaluar la maleabilidad del material, por eso es importante la experiencia del constructor que decidirá si la mezcla tiene la consistencia adecuada para ser aplicada.

Esta propiedad depende de la cantidad de agua presente en la mezcla, la cual es el lubricante que permite movilidad de las partículas gruesas, siempre dependiendo también de la granulometría del agregado, la dosificación y el contenido de aire.

Consistencia

Se puede medir la consistencia de un mortero por medio del cono de penetración, que permite conocer la uniformidad entre una mezcla y otra, permitiendo conocer si está muy húmeda o muy seca la mezcla.

Este método se puede utilizar para indicar que variaciones hubo entre mezclas, vinculados al tiempo de mezclado y la dosificación.

Retención de la consistencia

Se aplican ensayos para conocer las características de consistencia y con ello las propiedades de fraguado y endurecimiento de la mezcla a temprana edad.

Retención de agua

Es la capacidad que posee el mortero de retención de agua de mezcla, en presencia de elementos que puedan absorberla, y se constata al exponer el mortero a una superficie como la de un ladrillo o bloque, y que la mezcla no pierda su contenido de agua y se mantenga maleable.

Es vital que la mezcla de mortero retenga el agua, ya que esto hace más fácil la colocación de las unidades de mampostería, también ayuda a que estas queden bien trabadas entre sí, y que las unidades no queden sueltas. Una buena composición de la mezcla garantiza que al obrero le dé tiempo de instalar toda la mampostería antes de que la mezcla endurezca.

PROPIEDADES EN ESTADO ENDURECIDO

Adherencia

Es vital esta propiedad física al endurecer el mortero, y es difícil aplicar un solo tipo de ensayo para poder evaluar dicha propiedad, debido al número de variables de las cuales depende, como lo son: la cohesividad, aire contenido, tiempo de fraguado, velocidad de fraguado, aplicación en mampostería, nivel de absorción de la unidad de mampostería, retención de agua y curado del mortero.

Esta propiedad es la capacidad que tiene el mortero de aferrarse a la unidad de mampostería o superficie, y al estar la mezcla en estado líquido pueda fácilmente fluir sobre las superficies y llenar las porosidades de la superficie.

La adherencia tiende a aumentar al hidratarse el aglomerante, de su calidad depende la resistencia a las cargas aplicadas y a la dilatación o contracción por temperatura.

Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión del mortero depende de los niveles de hidratación de la mezcla, su curado y la dosificación de la mezcla, y por medio de la resistencia se pueden inferir otras características y propiedades del mortero.

Esta resistencia va a ser la capacidad que posee el mortero endurecido para soportar esfuerzos y cargas aplicadas.

Durabilidad

La durabilidad puede entenderse como la capacidad del mortero de resistir a la exposición a agentes naturales y artificiales. Uno de los principales factores que afectan a los morteros va a ser la temperatura, principalmente aquella vinculada al congelamiento y deshielo, y por otro lado agentes químicos como sulfatos y ácidos.

Esta propiedad también va a estar determinada por la calidad de la superficie o unidad de mampostería a la que está adherida, tomándose en cuenta el coeficiente de dilatación y contracción diferencial, y demás propiedades.

EVALUACIÓN DE UN MORTERO

Es importante tener conocimientos sobre las propiedades del mortero en estado plástico, y determinar su versatilidad para la construcción de muros de mampostería y revoques, ya que dichas propiedades son fundamentales para determinar el comportamiento del mortero ya consolidado.

Las propiedades finales del mortero endurecido determinaran el comportamiento de la mampostería y de los revoques, con respecto a la durabilidad, resistencia a la compresión, adherencia y elasticidad. Normalmente no se realizan pruebas a los morteros en obra, en vez de eso se toman en cuenta valores de dosificación preestablecidos por normativas, manuales, y de acuerdo con la experiencia del constructor.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. MARCO METODOLÓGICO

El método aplicado en la presente investigación es el inductivo, por el medio del cual se recabará la información necesaria que permita llegar a conclusiones que den respuesta a los objetivos planteados en la presente investigación.

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Se realizará una investigación del tipo cuali-cuantitativo, en donde se estudiarán las propiedades de la arena volcánica como agregado para morteros que influyen en la resistencia de los morteros, para luego poder hacer el diseño de las mezclas y realizar el respectivo análisis a los morteros. Los ensayos realizados a la arena volcánica como agregado y las pruebas realizadas posteriormente a los morteros están sujetos a normativas aplicadas en los ensayos de laboratorio, para determinar de esta forma si el agregado es apto para ser utilizado en el mortero, y si el mortero cumple con los estándares de calidad.

3.3. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se enfocará explorar y describir las propiedades que aporta la arena volcánica a los morteros para revestimiento de paredes, comprobando por medio de esto la viabilidad de la mezcla diseñada en la construcción de obras.

3.4. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Se implementó la técnica de observación en laboratorio en donde se aplicaron las siguientes pruebas:

- Contenido natural de humedad ASTM D-2216
- Límites de Atterberg ASTM D-4318

- Análisis granulométrico ASTM D-421 INEN 697
- Gravedad Específica y Absorción ASTM C 128 INEN 858
- Peso Unitario del agregado ASTM C-29
- Clasificación de suelos SUCS ASTM D-2487
- Clasificación AASHTO.

Todas las pruebas se realizaron bajo los parámetros estándares internacionales de la “American Society for Testing and Materials (ASTM)” y la “American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)”.

Basados en la normativa del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), se realizaron los ensayos de agregado fino.

El diseño de las muestras de mortero se realizó en base a las siguientes publicaciones:

- Especificaciones del Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador (MTOPE)
- Normas: American Society for Testing and Materials (ASTM).

3.5. UNIVERSO Y MUESTRA

La arena volcánica para llevar a cabo las pruebas de la presente investigación procede del área minera de Sillahuan a seis kilómetros de la ciudad de Riobamba, en el cantón de Riobamba.



Ilustración 4. Acceso al área minera de Sillahuan. Fuente: elaborada por el autor.

Antes de realizar, el diseño de los morteros y su análisis, el cual es el objetivo principal de la investigación, se realizaron las pruebas respectivas a la arena volcánica para determinar su viabilidad como agregado, así como para determinar las propiedades físicas y su composición, los resultados de dichos ensayos se muestran a continuación.

Tabla 1 Gravedad Específica y Absorción-ASTM C 128/INEN 858.

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO		
NORMA ASTM C 128		
Datos:		
A: Peso seco de la muestra en aire	60,8	g
B: Peso del picnómetro lleno con agua	158,4	g
S: Peso en estado sss de la muestra en aire (500+/-10 g)	63,0	g
C: Peso del picnómetro con muestra y agua hasta marca	192,3	g
Densidad y absorción:		
G_s : gravedad específica seca	2.089	kg/m ³
G_{sss} : gravedad específica en sss	2.165	kg/m ³
G : gravedad específica aparente	2.260	kg/m ³
Po : porcentaje de absorción de agua	3,6	%
Fórmulas:		
$G_s = A/(B+S-C) \quad G = A/(A+B-C)$		
$G_{sss} = S/(B+S-C) \quad P_o = (S-A)/A \times 100$		

Fuente: elaborado por el autor.

Tabla 2 *Peso Unitario del agregado-ASTM C-29*

PESO UNITARIO EN AGREGADO		
NORMA ASTM C 29		
Descripción: arena fina		
V: volumen del recipiente, ver tabla	2.794	cm ³
T: masa del recipiente	1.811	g
Msr: masa agregado suelto + recipiente	6.080	g
Mcr: masa agregado compactado + recipiente	6.359	g
Ms: masa agregado suelto Msr - T	4.269	g
Mc: masa agregado compactado Mcr - T	4.548	g
Peso unitario suelto	1.528	kg/m ³
Peso unitario compactado	1.628	kg/m ³

Tamaño máximo nominal	Capacidad del recipiente
mm (plg)	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)

Fuente: elaborado por el autor.

Tabla 3 *Muestra 1-Clasificación de suelos-SUCS/ASTM D-2487.*

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS) SUCS					
ASTM D 2487, D 2216, D 4318, D 422					
Valor de:	P. Húmedo + cápsula	P. Seco + cápsula	Peso cápsula	W%	Resultados
1. Contenido de agua	2.000,00	1.958,00	181,80	2,36	2
2. Límite Líquido	NO PLASTICO				NP
3. Límite Plástico	NO PLASTICO				NP
4. Granulometría			5. Resumen		
Peso Inic. Húm. = 1.818,20				% de Grava =	0
Peso inicial seco para cálculos: 1.776,20				% de Arena =	79
				% de Finos =	21
Tamiz	Pes. Ret. parcial	% Retenido acumulado	% que pasa	L. Líquido LL =	0
3/4"	0,00	0	100	L. Plástico LP =	0
No. 4	0,86	0	100	Índice Plástico IP =	0
No. 8	6,36	0	100	% Humedad w =	2
No. 10				6. Clasificación	
No. 16	86,71	5	95	SUCS:	SM
No. 30	294,38	22	78	AASHTO:	A-1-b
No. 50	410,52	45	55	IG(86):	0
No. 100	449,31	70	30	IG(45):	0
No. 200	152,83	79	21		

Fuente: elaborado por el autor.

Tabla 4 Muestra 2-Clasificación de suelos-SUCS/ASTM D-2487

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS) SUCS					
ASTM D 2487, D 2216, D 4318, D 422					
Valor de:	P. Húmedo + cápsula	P. Seco + cápsula	Peso cápsula	W%	Resultados
1. Contenido de agua	2.351,80	2.301,70	181,80	2,36	2
2. Límite Líquido	NO PLASTICO				NP
3. Límite Plástico	NO PLASTICO				NP
4. Granulometría			5. Resumen		
Peso Inc. Húm. = 2.170,00			% de Grava = 0		
Peso inicial seco para cálculos: 2.119,90			% de Arena = 100		
			% de Finos = 0		
			L. Líquido LL = 0		
			L. Plástico LP = 0		
			Índice Plástico IP = 0		
			% Humedad w = 2		
			6. Clasificación		
			SUCS: SW		
			AASHTO: A-1-a		
			IG(86): 0		
			IG(45): 0		
7. Descripción: Arena fina bien gradada de color ploma rojisa					

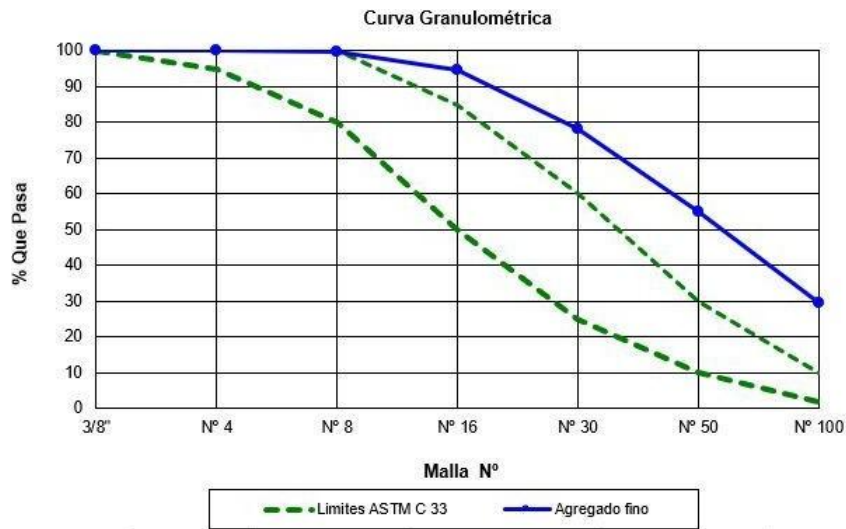
Fuente: elaborado por el autor.

Tabla 5 Muestra 1- Análisis por tamizado de agregados finos-ASTM C 136

ANÁLISIS POR TAMIZADO DE AGREGADOS FINOS						
NORMA ASTM C 136						
Descripción:					Peso seco inicial (g), ver tabla:	1776,2
Tamiz	Abertura	Ret. Parcial	Ret. Acumulado	%	%	
Nº	(mm)	(gr)	(gr)	Retenido	Que pasa	
3/8"	9,5		0,0	0	100	
Nº 4	4,75	0,9	0,9	0	100	
Nº 8	2,4	6,4	7,2	0	100	
Nº 16	1,2	86,7	93,9	5	95	
Nº 30	0,6	294,4	388,3	22	78	
Nº 50	0,3	410,5	798,8	45	55	
Nº 100	0,15	449,3	1248,1	70	30	
BANDEJA		528,1	1776,2	100	0	
Módulo de finura:					1,43	
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			

Fuente: elaborado por el autor.

Gráfico 1 Curva granulométrica.



Fuente: elaborado por el autor.

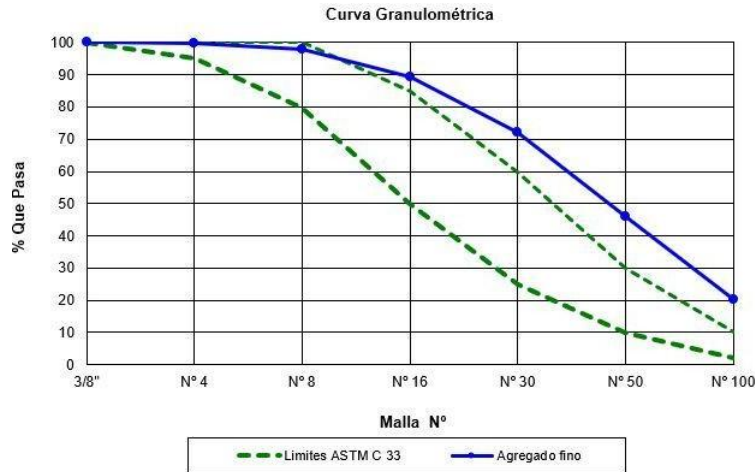
Tabla 6 Muestra 2- Análisis por tamizado de agregados finos-ASTM C 136

ANÁLISIS POR TAMIZADO DE AGREGADOS FINOS

NORMA ASTM C 136					
Descripción:			Peso seco inicial (g), ver tabla:		2119,9
Tamiz	Abertura (mm)	Ret. Parcial (gr)	Ret. Acumulado (gr)	% Retenido	% Que pasa
3/8"	9,5		0,0	0	100
Nº 4	4,75	0,9	0,9	0	100
Nº 8	2,4	44,0	44,9	2	98
Nº 16	1,2	182,0	226,9	11	89
Nº 30	0,6	365,0	591,9	28	72
Nº 50	0,3	555,0	1146,9	54	46
Nº 100	0,15	543,0	1689,9	80	20
BANDEJA		430,0	2119,9	100	0
Módulo de finura:				1,75	
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		

Fuente: elaborado por el autor.

Gráfico 2 Curva granulométrica.



Fuente: elaborado por el autor.

CAPITULO IV. PROPUESTA

4.1. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

A continuación, se muestra la dosificación para el diseño de las mezclas de mortero con agregado de arena volcánica, las características de los componentes y proporciones.

El cálculo y diseño de los morteros se realizó basado en los valores establecidos en las normas del Ministerio de Transportes y Obras Públicas (M.T.O.P.) y el libro de Tecnología del Concreto.

A continuación, se presentan los cuadros resumen de los cálculos de diseño para la elaboración de cada uno de los morteros que fueron ensayados.

Tabla 7 *Características de la muestra de mortero con una resistencia de $f'c$ 125 kg/cm².*

Datos proporcionados	Cemento	Agua	Agregado fino
Densidad G (Kg/cm ³)	2,85	1	2,26
Peso unitario del agregado (Kg/cm ³)	1,32		1,528
M.F.			1,75
% absorción			3,6
Datos para el mortero			
Resistencia a compresión Kg/cm ²	125		
Relación a/c	0,65		
Cantidad de cemento Kg/m ³	500		
Cálculos para el mortero			
Cantidad de agua	325	Kg/m ³	
Volumen absoluto del agregado	560,96	cm ³ /m ³	
Volumen absoluto del material	1267,78	Kg/m ³	

Proporciones iniciales

A/c	0,65
Peso seco del agregado	2,54

Proporciones del mortero

Agua	0,65
Cemento	1
Arena	2,54

Cantidad a utilizar por cada 50kg de cemento

Agua	32,5	Kg
Cemento	50	Kg
Agregado fino	126,78	Kg

Cantidad a utilizar para cada cubo (resistencia f'c 125 kg/cm²)

Agua	0,049	Kg
Cemento	0,075	Kg
Agregado fino	0,191	Kg

Se describe de manera detallada las proporciones y características de la mezcla para el diseño del mortero f'c 125 kg/cm². Fuente: elaborado por el autor.

Tabla 8 *Características de la muestra de mortero con una resistencia de f'c 100 kg/cm².*

Datos proporcionados	Cemento	Agua	Agregado fino
Densidad G (Kg/cm ³)	2,85	1	2,26
Peso unitario del agregado (Kg/cm ³)	1,32		1,528
M.f.			1,75
% Absorción			3,6

Datos para el mortero

Resistencia a compresión Kg/cm ²	100
Relación a/c	0,72
Cantidad de cemento Kg/m ³	450

Cálculos para el mortero

Cantidad de agua	324	Kg/m ³
Volumen absoluto del agregado	562,32	cm ³ /m ³
Volumen absoluto del material	1270,83	Kg/m ³

Proporciones iniciales

A/c	0,72
Peso seco del agregado	2,82

Proporciones del mortero

Agua	0,72
Cemento	1
Arena	2,82

Cantidad a utilizar por cada 50kg de cemento

Agua	36	Kg
Cemento	50	Kg
Agregado fino	141,20	Kg

Cantidad a utilizar para cada cubo (para ensayo de resistencia)

Agua	0,049	Kg
Cemento	0,068	Kg
Agregado fino	0,191	Kg

Se describe de manera detallada las proporciones y características de la mezcla para el diseño del mortero f'c 100 kg/cm². Fuente: elaborado por el autor.

Tabla 9 Características de la muestra de mortero con una resistencia de $f'c$ 115 kg/cm².

Datos proporcionados	Cemento	Agua	Agregado fino
Densidad G (Kg/cm ³)	2,85	1	2,26
Peso unitario del agregado (Kg/cm ³)	1,32		1,528
M.f.			1,75
% Absorción			3,6
Datos para el mortero			
Resistencia a compresión Kg/cm ²	115		
Relación a/c	0,68		
Cantidad de cemento Kg/m ³	480		
Cálculos para el mortero			
Cantidad de agua	326,4	Kg/m ³	
Volumen absoluto del agregado	559,07	Cm ³ /m ³	
Volumen absoluto del material	1263,51	Kg/m ³	
Proporciones iniciales			
A/c	0,68		
Peso seco del agregado	2,63		
Proporciones del mortero			
Agua	0,68		
Cemento	1		
Arena	2,63		
Cantidad a utilizar por cada 50kg de cemento			
Agua	34	Kg	
Cemento	50	Kg	
Agregado fino	131,62	Kg	

Cantidad a utilizar para cada cubo (para ensayo de resistencia)

Agua	0,049	Kg
Cemento	0,073	Kg
Agregado fino	0,191	Kg

Se describe de manera detallada las proporciones y características de la mezcla para el diseño del mortero f'c 115 kg/cm². Fuente: elaborado por el autor.

4.2. RESULTADOS

Se observan los resultados para las pruebas de compresión para cada uno de los morteros de f'c 125 kg/cm², f'c 100 kg/cm² y f'c 115 kg/cm².

Primero se diseñó un mortero para una resistencia a la compresión de f'c 125 kg/cm² (Tabla 7), para así obtener los resultados para ser comparado con lo estipulado en la normativa del Ministerio de Transportes y Obras Públicas (M.T.O.P.).

Tabla 10 *Resultados de la muestra de mortero con una resistencia de f'c 125 kg/cm².*

ELEMENTOS	f'c Kg/cm ²	EDAD	FECHA DE TOMA	FECHA DE ROTURA	a	b	AREA cm ²	CARGA KN	RESIST. Kg/cm ²	Porcent. comp.
mortero con arena volcanica	125	7	22-12-17	29-12-17	5,00	5,00	25,00	20,1	82,01	65,06%
		7	22-12-17	29-12-17	5,00	5,00	25,00	20,2	82,42	
		7	22-12-17	29-12-17	5,00	5,00	25,00	19,5	79,56	
	125	21	22-12-17	12-01-18	5,00	5,00	25,00	26,8	109,34	87,37%
		21	22-12-17	12-01-18	5,00	5,00	25,00	26,5	108,12	
		21	22-12-17	12-01-18	5,00	5,00	25,00	27,0	110,16	
	125	28	22-12-17	19-01-18	5,00	5,00	25,00	30,8	125,66	102,92%
		28	22-12-17	19-01-18	5,00	5,00	25,00	31,5	128,52	
		28	22-12-17	19-01-18	5,00	5,00	25,00	32,3	131,78	

Se obtuvo una resistencia mínima a la compresión de 125,66 kg/cm², cumpliendo al 102,92% con lo requerido para un mortero de f'c 125 kg/cm². Fuente: elaborado por el autor.

De manera posterior, se diseñaron dos morteros adicionales para resistencias de 100 kg/cm² y 115 kg/cm², con la finalidad de establecer una dosificación optima en el diseño de

los morteros. Obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 11 *Resultados de la muestra de mortero con una resistencia de f'c 100 kg/cm²*. y Tabla 12 *Resultados de la muestra de mortero con una resistencia de f'c 115 kg/cm²*.

Tabla 11 *Resultados de la muestra de mortero con una resistencia de f'c 100 kg/cm²*.

ELENTOS	f'c Kg/cm ²	EDAD	FECHA DE TOMA	FECHA DE ROTURA	a	b	AREA cm ²	CARGA KN	RESIST. Kg/cm ²	Porcent. comp.
mortero con arena volcanica	100	7	15-12-17	22-12-17	5,00	5,00	25,00	14,0	57,12	56,98%
		7	15-12-17	22-12-17	5,00	5,00	25,00	14,3	58,34	
		7	15-12-17	22-12-17	5,00	5,00	25,00	13,6	55,49	
	100	21	15-12-17	05-01-18	5,00	5,00	25,00	18,8	76,70	78,20%
		21	15-12-17	05-01-18	5,00	5,00	25,00	19,3	78,74	
		21	15-12-17	05-01-18	5,00	5,00	25,00	19,4	79,15	
	100	28	15-12-17	12-01-18	5,00	5,00	25,00	23,2	94,66	94,66%
		28	15-12-17	12-01-18	5,00	5,00	25,00	22,9	93,43	
		28	15-12-17	12-01-18	5,00	5,00	25,00	23,5	95,88	

Se obtuvo una resistencia mínima a la compresión de 94.66 kg/cm², cumpliendo al 94.66% con lo requerido para un mortero de f'c 125 kg/cm². Fuente: elaborado por el autor.

Tabla 12 *Resultados de la muestra de mortero con una resistencia de f'c 115 kg/cm²*.

ELENTOS	f'c Kg/cm ²	EDAD	FECHA DE TOMA	FECHA DE ROTURA	a	b	AREA cm ²	CARGA KN	RESIST. Kg/cm ²	Porcent. comp.
mortero con arena volcanica	115	7	18-12-17	25-12-17	5,00	5,00	25,00	17,4	70,99	60,55%
		7	18-12-17	25-12-17	5,00	5,00	25,00	16,8	68,54	
		7	18-12-17	25-12-17	5,00	5,00	25,00	17,0	69,36	
	115	21	18-12-17	08-01-18	5,00	5,00	25,00	23,5	95,88	82,90%
		21	18-12-17	08-01-18	5,00	5,00	25,00	23,0	93,84	
		21	18-12-17	08-01-18	5,00	5,00	25,00	23,6	96,29	
	115	28	18-12-17	15-01-18	5,00	5,00	25,00	28,1	114,65	98,39%
		28	18-12-17	15-01-18	5,00	5,00	25,00	27,6	112,61	
		28	18-12-17	15-01-18	5,00	5,00	25,00	27,5	112,20	

Se obtuvo una resistencia mínima a la compresión de 114,65 kg/cm², cumpliendo al 98,39% con lo requerido para un mortero de f'c 115 kg/cm². Fuente: elaborado por el autor.

CONCLUSIONES

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.

Se realizaron tres pruebas de mortero que permitieron conseguir la dosificación óptima de agregado de arena volcánica. La primera prueba se realizó para una resistencia del concreto $f'c$ 125 Kg/cm², tomando en cuenta un margen de error de 5 Kg/cm², con una relación de agua cemento de 0.65. La mezcla de mortero debe cumplir con los parámetros preestablecidos por el Ministerio de Transportes y Obras Públicas (M.T.O.P.), que contempla un módulo de finura de 1.6 a 2.4 y la resistencia para mortero de $f'c$ 100 Kg/cm². A este mortero se le realizó la prueba de resistencia a la compresión donde el resultado más bajo fue de $f'c$ 125,66 Kg/cm² a los 28 días.

Las dos pruebas posteriores se realizaron con una dosificación de $f'c$ 100 Kg/cm² con una relación de agua cemento de 0.70, y el otro mortero para una resistencia a la compresión $f'c$ 115 Kg/cm², con una relación agua cemento de 0.68. En estas pruebas los morteros no lograron alcanzar el 100% de su resistencia a los 28 días de edad.

RECOMENDACIONES

La arena volcánica u otros agregados para morteros en revestimiento de paredes debe cumplir estrictamente con la norma NTE INEN 2536 (ASTM C144) y estar libre de materiales contaminantes que pueda deteriorar las propiedades del mortero.

Los morteros que tienen como agregado la arena volcánica u otros áridos para el revestimiento de paredes deben cumplir con la norma ASTM C476. Estos morteros, tendrán buena consistencia y trabajabilidad.

Se recomienda que se realice las pruebas en caso de que el origen de la arena volcánica sea diferente a las tomadas en este estudio.

Además, se recomienda realicen más estudios durante y posterior el fraguado para garantizar que este mortero es óptimo en su utilización, esto debería pautar a futuras investigaciones de Ingeniería Civil.

Por último, se recomienda que se respete la dosificación aplicada en este estudio debido a que la relación agua cemento para el agregado de esta arena volcánica es uno de los factores más importantes para la preparación de un mortero apropiado.

La arena volcánica de la muestra escogida como agregado para morteros a utilizar en revestimientos de paredes, mostró ser un agregado apropiado de acuerdo a sus características físicas.

BIBLIOGRAFÍA

AASHTO American Association of State and Highway Transportation Officials. (2017).

AASHTO M 145-91 Standard Specification for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes. Washington, DC: American Association of State and Highway Transportation Officials.

Abali, Y., Bayca, S. U., & Targan, S. (2006). Evaluation of blends tincal waste, volcanic tuff, bentonite and fly ash for use as a cement admixture. *Journal Hazard. Mater.*, *131*, 126-30.

Álvarez Galindo, J. I., Martín Pérez, A., & García Casado, P. J. (1995). Historia de los morteros. (F. d. Departamento de Química y Edafología, Ed.) *Boletín informativo*, *52-59*.

ARQHYS.com, E. d. (2012). Tipos de cemento portland. *ARQHYS*, *12*. Retrieved from <http://www.arqhys.com/arquitectura/tipos-cemento-portland.html>.

ASTM International. (2004). *ASTM C128 - 04a Historical Standard: Método de Ensayo Normalizado para Determinar la Densidad, la Densidad Relativa (Gravedad Específica), y la Absorción de Agregados Finos*. West Conshohocken: ASTM International. Retrieved from www.astm.org

ASTM International. (2007). *ASTM C29/C29M - 07 Método de ensaye estándar para determinar la densidad en masa (peso unitario) e índice de huecos en los agregados*. West Conshohocken: ASTM International. Retrieved from www.astm.org

ASTM International. (2007). *ASTM D-421 Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants*. West Conshohocken: ASTM International. Retrieved from www.astm.org

- ASTM International. (2010). *ASTM D2216-10 Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass*. West Conshohocken: ASTM International. Retrieved from www.astm.org
- ASTM International. (2014). *ASTM C136/C136M - 05 Método de Ensayo Normalizado para la Determinación Granulométrica de Agregados Finos y Gruesos*. West Conshohocken: ASTM International. Retrieved from www.astm.org
- ASTM International. (2017). *ASTM C780 - 17 Standard Test Method for Preconstruction and Construction Evaluation of Mortars for Plain and Reinforced Unit Masonry*. West Conshohocken: ASTM International. Retrieved from www.astm.org
- ASTM International. (2017). *ASTM D2487 - 17*. West Conshohocken: ASTM International. Retrieved from www.astm.org
- ASTM International. (2017). *ASTM D4318 - 17 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils*. West Conshohocken: ASTM International. Retrieved from www.astm.org
- ASTM International. (2018). *ASTM C125 - 18 Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates*. West Conshohocken: ASTM International. Retrieved from www.astm.org
- ATEDY Sección Fabricantes de productos en polvo. (2017). *Manual de ejecución revestimientos con yeso*. Madrid: Asociación técnica y empresarial del yeso.
- Aurangzcb, K., & Carsten, L. (2013). *Briks and Urbanism in the Indus Valley rise and decline*. Geesthacht, Germany: The American Journal of Archeology.
- Cátedra de Ingeniería Rural. (2017). *Cátedra de Ingeniería Rural - Morteros*. La Mancha: Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real / Universidad de Castilla-La Mancha. Retrieved from www.Ingeniería Rural.com

- Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles. (2005). *CIR SOC 201-205 Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Industrial.
- Costafreda Mustelier, J. L. (2014). *Tectosilicatos con características especiales: las zeolitas naturales*. Madrid: Fundación Gómez Pardo.
- Cymper. (2018, Enero 15). *Cymper.com*. Retrieved from Tipos de cal utilizadas en la construcción: <http://www.cymper.com/blog/tipos-de-cal-utilizadas-en-la-construccion/>
- Dirección general de desarrollo minero. (2013). *Perfil de mercado de la caliza*. Ciudad de Mexico: Coordinación General de Minería.
- Grupo Sika. (2018, Febrero 5). *Morteros Pre-dosificados*. Retrieved from <https://ecu.sika.com/es/morteros-pre-dosificados/soluciones-sika-para-morteros.html>
- INEN Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2010). *INEN 858 Determinación de la masa unitaria de áridos*. Quito: INEN Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- INEN Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2014). *INEN-ISO 697 Agentes tensoactivos — Polvos para lavar — Determinación de la densidad aparente — Método por pesada de un volumen dado (ISO 697:1981, IDT)*. Quito: INEN Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (1986). *IRAM 1601 Agua para morteros y hormigones de cemento portland*. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- Kavas, T. . (2004). *Tuffs on Floor Tile Masse Body Properties*. Afyon, Turquía: Afyon Kocatepe University, Construction Department.
- Ministerio de Obras Públicas. (2000). *Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes*. Quito, Ecuador: Ministerio de Obras Públicas-.

- Molina Bas, O. I. (2008). *La influencia de las cenizas volantes como sustituto parcial del cemento Pórtland en la durabilidad del hormigón*. Madrid: E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos (UPM).
- Negis, F. (1999). *Zeolite based composites in energy storage*. Turkey: Izmir Institute of Technology.
- patologiasconstruccion.net. (2017, Enero 28). *Patología+Rehabilitación+construcción Web de información y formación para profesionales y estudiantes*. Retrieved from Todo sobre la cal y sus aplicaciones: <https://www.patologiasconstruccion.net/2016/10/la-cal-aplicaciones-1-tipos/>
- Román López, M. T. (1997). Las grandes ciudades del Indo. *Espacio, Tiempo y Forma, Serie II, Historia Antigua*, 23-33.
- Salazar J., A. (2016). *¿Que es una Puzolana?* Colombia: Eco-Ingenieria S.A.S. Retrieved from <http://www.ecoingenieria.org/>
- Sanjúan Barbudo, M. Á., & Chinchón Yepes, S. (2014). *Introducción a la fabricación y normalización del cemento portland*. Alicante: Publicaciones de la Universidad de Alicante.
- Santalla Blanco, L. M. (2013, Mayo 15). *teoriadeconstruccion.net*. Retrieved from Metacaolín: definición y ensayos: <http://teoriadeconstruccion.net/blog/metacaolin-definicion-y-ensayos/>
- Santamaria Soria, F. (1983). *Las puzolanas y el ahorro energético en los materiales de construcción*. Madrid: Consejo superior de investigaciones científicas.
- Universidad de Granada. (2007). *TEMA 4: Morteros de Construcción y Ornamentación*. Granada, España: Universidad de Granada. Retrieved from <http://www.ugr.es>
- USBR, US Bureau of Reclamation. (1963). *Concrete manual. A Manual for the Control of Concrete Construction* (7th ed.). Denver: United States Printing Office.

Villegas Martinez, C. A. (2013). *Utilización de puzolanas naturales en la elaboración de prefabricados con base cementica destinados a la construcción de viviendas de bajo costo*. Lima: Universidad Nacional .

ANEXOS

Anexo A Formato AG-06 ASTM C 29-Peso unitario en agregado grueso ó fino.

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> Logotipo de empresa </div>	PESO UNITARIO EN AGREGADO
NORMA ASTM C 29	

Muestra:		Solicitante:	
Origen:		Ensayado:	
Para:		Calculado:	
Fecha:		Informe N°	

Descripción:

V: volumen del recipiente, ver tabla		cm ³
T: masa del recipiente		g
Msr: masa agregado suelto + recipiente		g
Mcr: masa agregado compactado + recipiente		g
Ms: masa agregado suelto Msr - T	0	g
Mc: masa agregado compactado Mcr - T	0	g
Peso unitario suelto	#¡DIV/0!	kg/m³
Peso unitario compactado	#¡DIV/0!	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

Anexo B Formato AG-04 ASTM C 128-Gravedad específica y absorción de agregado fino.

Logotipo de empresa	GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO
NORMA ASTM C 128	

Muestra:	
Origen:	
Para:	
Fecha:	

Solicitante:
Ensayado:
Calculado:
Informe N°

Datos:

A: Peso seco de la muestra en aire	
B: Peso del picnómetro lleno con agua	
S: Peso en estado sss de la muestra en aire (500+/-10 g)	
C: Peso del picnómetro con muestra y agua hasta marca	

Densidad y absorción:

Gs: gravedad específica seca	#¡DIV/0!	kg/m ³
Gsss: gravedad específica en sss	#¡DIV/0!	kg/m ³
G: gravedad específica aparente	#¡DIV/0!	kg/m ³
Po: porcentaje de absorción de agua	#¡DIV/0!	%

Fórmulas:

$$G_s = A/(B+S-C) \quad G = A/(A+B-C)$$

$$G_{sss} = S/(B+S-C) \quad P_o = (S-A)/A \times 100$$

Laboratorista

Anexo C AG-Formato 08 ASTM C 136-Análisis por tamizado de agregados finos

Logotipo de empresa

ANÁLISIS POR TAMIZADO DE AGREGADOS FINOS

NORMA ASTM C 136

Muestra:	
Origen:	
Para:	
Fecha:	

Solicitante:	
Ensayado:	
Calculado:	
N° Laborat:	

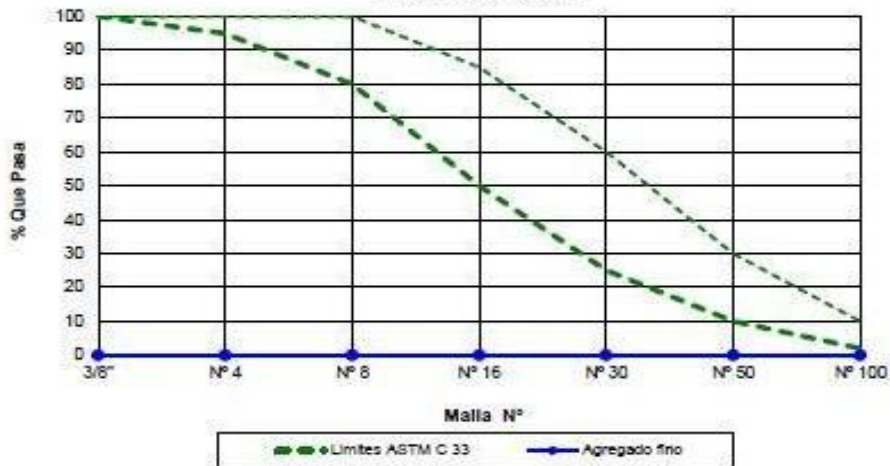
Descripción: Peso seco inicial (g), ver tabla:

Tamiz N°	Abertura (mm)	Ret. Parcial (gr)	Ret. Acumulado (gr)	% Retenido	% Que pasa
3/8"	9,5		0,0	#jDIV/0!	#jDIV/0!
N° 4	4,75		0,0	#jDIV/0!	#jDIV/0!
N° 8	2,4		0,0	#jDIV/0!	#jDIV/0!
N° 16	1,2		0,0	#jDIV/0!	#jDIV/0!
N° 30	0,6		0,0	#jDIV/0!	#jDIV/0!
N° 50	0,3		0,0	#jDIV/0!	#jDIV/0!
N° 100	0,15		0,0	#jDIV/0!	#jDIV/0!
BANDEJA			0,0	#jDIV/0!	#jDIV/0!

Módulo de finura: #jDIV/0!

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



Laboratorista

Anexo D Formato S-03 ASTM D 2487-Clasificación de suelos sin límites de plasticidad.

Logotipo de empresa		ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS) SUCS				
ASTM D 2487, D 2216, D 4318, D 422						
SOLICITANTE:		SONDEO:				
PROYECTO:		MUESTRA:				
UBICACIÓN:		PROFUND (m):				
FECHA:		OPERADOR:				
		ENSAYO No:				
Valor de:	P. Húmedo + cápsula	P. Seco + cápsula	Peso cápsula	W%	Resultados	
1. Contenido de agua				#jDIV/0! #jDIV/0!	#jDIV/0!	
2. Límite Líquido					NO PLASTICO NP	
3. Límite Plástico					NO PLASTICO NP	
4. Granulometría			5. Resumen			
Peso Inic. Húm. =			% de Grava = #jDIV/0!			
Peso inicial seco para cálculos:			% de Arena = #jDIV/0!			
			% de Finos = #jDIV/0!			
Tamiz	Pes. Ret. acumulado	% Retenido acumulado	% que pasa	L. Líquido LL =	0	
1"		#jDIV/0!	#jDIV/0!	L. Plástico LP =	0	
3/4"		#jDIV/0!	#jDIV/0!	Índice Plástico IP =	0	
1/2"		#jDIV/0!	#jDIV/0!	% Humedad w =	#jDIV/0!	
3/8"		#jDIV/0!	#jDIV/0!	6. Clasificación		
No. 4		#jDIV/0!	#jDIV/0!	SUCS:	#jDIV/0!	
No. 10		#jDIV/0!	#jDIV/0!	AASHTO:	#jDIV/0!	
No. 40		#jDIV/0!	#jDIV/0!	IG(86):	#jDIV/0!	
No. 200		#jDIV/0!	#jDIV/0!	IG(45):	#jDIV/0!	
7. Descripción:						

Laboratorista

REPOSITORIO



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

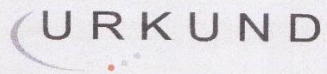
FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO: Uso de arena volcánica en la elaboración de mortero premezclado para revestimiento de paredes.		
AUTOR/ES: Luis Felipe Baquero Brito y José Luis Baquero Brito.	REVISORES: Msc. Ing. Max Darío Almeida Franco	
INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente Rocafuerte De Guayaquil.	FACULTAD: Ingeniería Industria Y Construcción	
CARRERA: Ingeniería Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	N. DE PAGS:	
ÁREAS TEMÁTICAS: Material de Construcción		
PALABRAS CLAVE: Uso, Morteros, Dosificación, Arena Volcánica, Puzolanas.		
<p>RESUMEN: Los morteros han sido utilizados desde las construcciones babilónicas hasta la actualidad; sin embargo, su uso y la forma de fabricación se ha ido reconstruyendo en el transcurso del tiempo. Con una investigación se determinó el problema de que el mal uso y dosificación de la arena volcánica en la fabricación de morteros está generando como resultado un material no deseado, ya que, los procesos que realizan no son los apropiados para obtener un material que contenga los componentes correctos, que, si se siguen utilizando esos materiales deficientes, puede causar deterioros, grietas en las paredes con el tiempo.</p> <p>El enfoque de esta investigación, se basa en brindar la solución del uso de la arena volcánica para el mejoramiento de los morteros, existen otros materiales que vuelven más resistentes al hormigón, previniendo la segregación y delaminación del concreto, mejorando la durabilidad y minimizando las grietas que se forman en el concreto. Para determinar el resultado de dosificación de la arena se efectuaron varias fórmulas y pruebas, en el cual arrojaron resultados positivos de viabilidad para efectuar su uso.</p>		
N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		
ADJUNTO URL (tesis en la web):		
ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTORES/ES: Luis Felipe Baquero Brito José Luis Baquero Brito	Teléfono: 0993691555 0984346694	E-mail: luisbaquero92@hotmail.com josebaquero@hotmail.com
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Msc. Ing. Civ. July Roxana Herrera valencia DECANA Teléfono: 259 6500 Ext. 241 Decanato E-mail: jherrerav@ulvr.edu.ec	

	<p>Mg. Alex Salvatierra Espinoza DIRECTOR Teléfono: 259 6500 Ext. 242 Dirección E-mail: asalvatierra@ulvr.edu.ec</p>
--	--

Quito: Av. Whymper E7-37 y Alpallana, edificio Delfos, teléfonos (593-2) 2505660/ 1; y en la Av. 9 de octubre 624 y
carrión, Edificio Prometeo, teléfonos 2569898/ 9. Fax: (593 2) 2509054

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO



Urkund Analysis Result

Analysed Document: Tesis Max Almeida 10 (1).docx (D36815155)
Submitted: 3/22/2018 1:32:00 AM
Submitted By: malmeidaf@ulvr.edu.ec
Significance: 1 %

Sources included in the report:

Tesis_agregados san vicente.docx (D13775210)

Instances where selected sources appear:

1

Max Almeida Franco