



Características técnicas de mezcla de mortero con ceniza volcánica y hormigón reciclado en la Universidad de Guayaquil

Technical characteristics of mortar mix with volcanic ash and recycled concrete at the University of Guayaquil

Características técnicas da mistura de argamassa com cinza vulcânica e concreto reciclado na Universidade de Guayaquil

Wilson Steven Bajaan-Martínez ^I
wbajanam@ulvr.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-9712-631X>

Javier Nicolás Areche-García ^{II}
jarecheg@ulvr.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-0985-9482>

Correspondencia: wbajanam@ulvr.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

***Recibido:** 26 de febrero de 2022 ***Aceptado:** 20 de marzo de 2022 * **Publicado:** 04 abril de 2022

- I. Ingeniero Civil Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, Investigador Independiente, Ecuador.
- II. Ingeniero Civil Universidad Nacional Experimental, Francisco de Miranda, Coro Venezuela, Magister Sciarum en Gerencia Empresarial, PhD-Doctor en Ciencias para el Desarrollo Estratégico, Docente Investigador Catedrático, Universidad Laica Vicente Rocafuerte, Guayaquil, Ecuador.

Resumen

El objetivo de la investigación fue analizar las características técnicas de mezcla de mortero utilizando ceniza volcánica y hormigón reciclado en la Universidad de Guayaquil, para minimizar la toxicidad y contaminación ambiental. Fue desarrollado con en el marco del paradigma positivista, con enfoque cuantitativo y descriptivo. Los datos se recabaron mediante una escala de Lickert a una población de 10 ingenieros que laboran en el departamento de Laboratorio de Suelos Arnaldo Ruffili de la universidad en estudio, analizados mediante la estadística descriptiva. En la que se utilizó como técnica la encuesta, y como instrumento el cuestionario con 10 ítems. Los resultados obtenidos arrojaron elementos para considerar la necesidad de mejorar las estrategias utilizadas, aportando información importante para sustentar con ello la propuesta, que consistió en determinar los parámetros necesarios para obtener una mezcla que no afectara la variación del contenido del material. Se concluye que los agregados reciclados generados por una trituradora de mandíbulas presentaron una distribución granulométrica que los hace aptos para su empleo en hormigones, mezclas asfálticas y estabilizados granulares; pero la presencia de mortero en los agregados, sus diferencias con los agregados naturales (menor densidad, mayor absorción y pérdida por abrasión) se las debe tener presente al momento de elaborar las mezclas.

Palabras claves: Mortero; ceniza volcánica; hormigón reciclado.

Abstract

The objective of the research was to analyze the technical characteristics of mortar mix using volcanic ash and recycled concrete at the University of Guayaquil, to minimize toxicity and environmental pollution. It was developed within the framework of the positivist paradigm, with a quantitative and descriptive approach. The data was collected using a Lickert scale from a population of 10 engineers who work in the Arnaldo Ruffili Soil Laboratory department of the university under study, analyzed using descriptive statistics. In which the survey was used as a technique, and the questionnaire with 10 items as an instrument. The results obtained yielded elements to consider the need to improve the strategies used, providing important information to support the proposal, which consisted of determining the necessary parameters to obtain a mixture that would not affect the variation of the content of the material. It is concluded that the recycled aggregates generated by a jaw crusher presented a granulometric distribution that makes them suitable for use in concrete, asphalt mixtures and granular stabilized; but the presence of mortar in

the aggregates, its differences with natural aggregates (lower density, higher absorption and loss due to abrasion) must be taken into account when preparing the mixtures.

Keywords: Mortar; volcanic ash; recycled concrete.

Resumo

O objetivo da pesquisa foi analisar as características técnicas da mistura de argamassa usando cinza vulcânica e concreto reciclado na Universidade de Guayaquil, para minimizar a toxicidade e a poluição ambiental. Foi desenvolvido no quadro do paradigma positivista, com abordagem quantitativa e descritiva. Os dados foram coletados por meio de uma escala Lickert de uma população de 10 engenheiros que trabalham no departamento do Laboratório de Solos Arnaldo Ruffili da universidade em estudo, analisados por meio de estatística descritiva. Em que foi utilizado o questionário como técnica, e o questionário com 10 itens como instrumento. Os resultados obtidos forneceram elementos para considerar a necessidade de aprimorar as estratégias utilizadas, fornecendo informações importantes para embasar a proposta, que consistia em determinar os parâmetros necessários para obter uma mistura que não afetasse a variação do teor do material. Conclui-se que os agregados reciclados gerados por um britador de mandíbulas apresentaram uma distribuição granulométrica que os torna adequados para uso em concreto, misturas asfálticas e granulados estabilizados; mas a presença de argamassa nos agregados, as suas diferenças com os agregados naturais (menor densidade, maior absorção e perda por abrasão) devem ser tidas em conta na preparação das misturas.

Palavras-chave: Argamassa; cinzas vulcânicas; concreto reciclado.

Introducción

La actividad volcánica a nivel mundial es de alto riesgo al experimentar erupciones explosivas perjudicando a grandes poblaciones. Tales movimientos van desde las columnas verticales de ceniza con alturas de 10 a 40 kilómetros, saturadas de fragmentos de variados tamaños, hasta las diferenciadas por la circulación de una emulsión de ceniza caliente y densa, exclusivamente devastadora debido a su temperatura, el calor llega a 500 grados centígrados, con una celeridad (rapidez), promedio de 55 metros por segundo.

De lo planteado, se considera que las cenizas constituyen un factor de rigurosa peligrosidad dentro de la población que es afectada por las erupciones, por cuanto la ceniza volcánica altera significativamente las condiciones ecológicas de la flora y la fauna; en ese sentido, los estudios epidemiológicos determinaron casos de irritación de la piel, alteraciones respiratorias además se presenta un problema de desnivel de inmunoglobulina al estar expuesto por un periodo de un año de un marcado.

Adicionalmente, se le agrega a este gran contexto el hormigón reciclado, el cual es la disposición final de residuos de la construcción que puede generar impactos ambientales negativos como la degradación y erosión de suelos, destrucción de la vegetación y pérdida de servicios ambientales. Por tal razón, es menester que se evite la descomposición física, química, biológica del suelo reubicando estos materiales; y de esta manera, e produzca la renovación de las zonas afectadas por la presencia del material reciclado, como lo describe Carreño (2020):

Dentro de los residuos sólidos que genera la industria de la construcción, se encuentran los materiales de albañilería como ladrillos o azulejos, hormigón, áridos, plásticos, metales, vidrios, madera, suelo, entre otros. Del grupo anterior se observa que el hormigón, el suelo y los áridos representan el mayor porcentaje en cuanto a residuos (p. 2).

Ante todo lo expuesto, el reciclaje de elementos obsoletos se deben utilizar para producir nuevas formas de mezclado en el que sus componentes ayuden ser reutilizados por la población, incrementando la efectividad en el uso de materiales, con el fin de tener una baja dependencia de los agregados gruesos y finos del hormigón, Además, ayuda a una mejora del reconocimiento energético, sobre todo si la materia prima se reciclan y se reutilizan localmente.

Lamentablemente, el desconocimiento pleno del valor y los beneficios que conlleva el reciclaje de los derrocamientos de edificaciones, hacen que no exista una conciencia plena, responsable de las oportunidades valiosas que tiene la reutilización de materiales. Así como el manejo de los residuos provenientes de la construcción y demolición, tiene dos enfoques ambientales muy importantes, el primero ayudar a la disminución de la demanda de recursos naturales y con ello, a reducir el consumo energético en su explotación, la disminución en las emisiones atmosféricas, la contaminación visual y el ruido. El segundo ayudaría a minimizar la cantidad de residuos que son enviados a rellenos sanitarios y escombreras, aplacando en gran medida sus capacidades de acopio y prologando de esta manera su vida útil.

En este caso, se hace necesario mencionar que la necesidad de utilizar el material reciclaje sin perturbar el equilibrio ambiente, se demanda con urgencia, dada la gran cantidad de productores de ladrillo a nivel regional, nacional e incluso internacional a partir de la elaboración de nuevos materiales con adiciones que aprovechen los residuos provenientes de la industria de la construcción, disminuyendo la contaminación. (Angulo, 2020).

Sin embargo, en existe una situación de desconocimiento y poca información acerca del manejo, gestión, tratamiento y beneficio de los residuos de hormigón y demolición. Otro aspecto es que los ingenieros no cuentan con herramientas óptimas para la desviación y clasificación de escombros, ni especificaciones o recomendaciones técnicas que deben tomar en cuenta durante los procesos y campos de estudio confiables de estos restos dentro de una obra de construcción. Por lo que se hace evidente un cambio de paradigma en el campo de la ingeniería que ayude a no desmejorar la calidad del ambiente, sino ayudar a continuar siendo nuestro pilar de vida.

De allí surge la necesidad de analizar las características técnicas de mezcla de mortero utilizando ceniza volcánica y hormigón reciclado en la Universidad de Guayaquil, para contribuir con una propuesta que coadyuve a minimizar la toxicidad y la contaminación ambiental, de manera que se pueda expandir esta práctica dentro del campo de la construcción.

Marco teórico

Según (Cabreras, et al., 2017), la definición, componentes y características del mortero, son como se especifican a renglón seguido:

Mortero

Los elementos que conforman el mortero consisten en cemento, arena y agua, además se utiliza aditivos para mejorar sus características técnicas. Después del fraguado, el mortero presenta propiedades físicas y mecánicas igual que el concreto, que son usadas para pegar bloques y enlucir paredes, columnas, tumbados, vigas y losas, considerando la adherencia que tiene el mortero como una de sus características principales.

Evolución de los morteros

Históricamente consiguen diferenciarse algunas fases en la elaboración de Mampostería con diferentes clases de morteros, así:

1. Las primeras construcciones de Mampostería fabricadas con piedra y mortero de barro.
2. Empleo de mortero de arcilla.

3. Invención de la cal apagada formado a partir de cal viva para la fabricación de pañetes.
4. En obra especialmente en edificaciones utilizar mortero para pegar ladrillos o enlucidos creando una buena estabilización en la parte estructural es muy habitual en estos tiempos. Uno de los materiales más utilizados para pegar ladrillos fue la cal aérea, se convirtió en un material nuevo conocido como mortero puzolánicos, los griegos fueron uno de los primeros en utilizar este material como pegamento de piezas de mampostería o sellado de juntas.
5. Antes de los cementos Portland a mediados del siglo XIX se utilizaron morteros de cal y arena en lo que es levantamiento de paredes y mampostería presentado baja trabajabilidad con una muy buena resistencia y fraguado rápido.
6. Los morteros actuales cuentan con elementos como es la cal, arena, cemento portland que ayudan de mejor forma a sus propiedades gracias a cada uno de sus componentes.
7. Al igual que lo acontecido en la civilización romana, a estos materiales hidráulicos se debe, en gran parte, el auge de la arquitectura e ingenierías actuales, caracterizadas por grandes obras y por soluciones técnicas arriesgadas, lo cual no se debe olvidar. Actualmente se fabrican morteros hidráulicos de cal aérea con aditivos puzolánicos tales como polvo de ladrillos, polvo de cerámica de alta temperatura de combustión pulverizada. No obstante, cuando se necesita un fraguado hidráulico la práctica es utilizar cales hidráulicas o cementos mezclados o no con cal área.

Características de los morteros

Las especificaciones técnicas de los morteros se deberían de catalogar por una sola clase considerando que su categorización depende de las propiedades o proporciones según la norma ASTM C270-19. Los morteros pueden ser analizados en 2 etapas que presentan las propiedades ya sea en estado plástico o endurecido.

Componentes del Mortero

El producto final de la mezcla de cemento, arena, agua y en algunos casos aditivos se denomina mortero depende mucho de la materia prima que se utiliza para la producción de los morteros la calidad es muy importante.

Clasificación de los morteros.

La clasificación como los autores se realiza en relación con el aglomerante; como mencionaremos a continuación:

Mortero de cal: Es la mezcla en la cual interviene la cal como aglomerante, se diferencia, según el origen de ésta en aéreos e hidráulicos. El proceso de fraguado y endurecimiento tienden a ser lentos y proporcionan una resistencia que los elaborados con cemento; obtienen resistencias de 20 kg/cm² con una relación 1:3 y 1:4. La primacía de estos morteros es la parte económica y la destreza de trabajar que estos ofrecen, por lo cual son muy demandados en aplicación de acabados.

Morteros de Yeso: Este es preparado con yeso hidratado con agua, el contenido de agua es variable según el grado de cocción, calidad y finura del triturado del yeso. En gran parte de los casos, el yeso viene preparado mediante un mezclado con agua, pero es posible mezclarlo con áridos para la obtención del mortero. Las propiedades resultantes de este mortero son distintas a la de los yesos sin áridos. Incluye mucho el tamaño de árido que es empleado en la mezcla ya impactara en la cantidad de agua de amasado (porosidad, tiempos de fraguado y resistencias mecánicas). Para obras comunes se suele agregar el 50%, para estucos el 60% y para moldes 70%. Este mortero se prepara a medida que se necesita, pues su fraguado comienza a los cinco minutos y culmina en un cuarto de hora. (Guzmán, et al., 2017).

Mortero de cemento: Son aquellos más empleados en Ecuador, se componen de arena y cemento Portland. De una muy alta resistencia y excelente trabajabilidad son variantes de acuerdo a la proporción de cemento y arena empleados. Considerando que su tiempo de amasado y colocación deba ser en el menor tiempo posible debido a que son hidráulicos. Habitualmente en obra se suele mezclar primero la arena y el cemento y poco a poco ir agregando el agua según el tipo de consistencia requerida. Los mismo, juegan un papel decisivo para la calidad del mortero, las características de la arena, tales como la granulometría, módulo de finura, y textura de las partículas, así como también debe ser muy importante el contenido de material orgánico. Aunque se suele usara arenas con ligeros contenido de arcilla y limo, ya que esto ayuda a mejorar la trabajabilidad del mortero. No obstante, los morteros fabricados con este tipo de arena no tienen muy buena resistencia.

Morteros mixtos: Aquellos que se obtienen a partir de la mezcla de cal y cemento y tienen la capacidad de ser manejables, pero tiende a perder una parte de su resistencia. La cantidad de árido en este tipo de mortero juega un papel esencial.

Morteros especiales: Morteros cuyas propiedades se presentan según las necesidades específicas para el cual será empleado, los cuales pueden ser: Mortero refractario, ignífugos, aislantes, de cemento-cola.

Usos del mortero. Estos pueden tener una función estructural, pueden ser empleados en la construcción de elementos estructurales o, en la Mampostería estructural en donde pueden aplicarse para pega, relleno o recubrimiento “Enlucidos”.

Mortero de pega: Diferente a los morteros usados para otros fines ya que este debe tener cualidades especiales por que estará sometidos a condiciones especiales, debe tener una resistencia adecuada ya que estar sometido a esfuerzo de compresión y tensión.

Mortero de relleno: Usado para el llenado los orificios de los elementos en las mamposterías estructurales, de igual que el mortero de pega este debe ser diseñado con una adecuada resistencia.

Mortero de recubrimiento: Debido a que su función no es estructural y sino de embellecer y proporcionar una superficie uniforme para la aplicación de pintura de acabado, no es requerimiento que este tipo de mortero tenga una resistencia determinada; por el contrario, la propiedad que debe cumplir es la de una buena plasticidad ya que esta permitirá presentar un buen acabado.

Característica de un mortero tipo M.

Es una mezcla que ofrece una alta resistencia y mayor durabilidad que los demás morteros. Utilizado para mamposterías reforzadas, o sin refuerzos, que se encuentren sometidas a cargas de compresión, para altas cargas laterales de tierra, fuertes vientos y temblores. Se debe aplicar a estructuras que se encuentre en contacto con el suelo; muros de contención, aceras, cimentaciones, tuberías de aguas negras, pozos, entre otros.

Característica de un mortero tipo S.

Es un mortero que adquiere una alta resistencia a la adherencia que los demás morteros. Usado en estructuras sometidas a cargas normales, que requiera de una alta característica a la adherencia. Debe ser empleado en casos donde la adherencia del mortero sea el principal requerimiento para su aplicación, como en el caso de revestimiento de cerámicos y baldosa de barro cocido.

Característica de un mortero tipo N.

Mortero para aplicado en uso general, empleado en estructuras de mampostería sobre el nivel del suelo. Presenta excelente acabado para enchapado de mamposterías, paredes divisorias, interna y externas. Una mezcla de mortero tipo N, usualmente alcanza una resistencia a la compresión de 125 kg/cm², en ensayos de laboratorio.

Características de un mortero tipo O.

Mortero de baja resistencia y con alto contenido de cal, empleado en paredes y divisiones

exteriores que no se encuentren sometidas a congelamientos. Usados en estructuras de planta baja y dos pisos, es un mortero preferido por los albañiles gracias a la excelente trabajabilidad.

Hormigón reciclado

En palabras de Chávez, et al., (2017), la industria del hormigón genera aproximadamente 1800 millones de toneladas de hormigón al año y una vez cumplido su ciclo de vida útil, el residuo tiene como destino los botaderos públicos o como material de relleno. En la actualidad, en muchos países del mundo se están generando normas para la reutilización de estos residuos.

Debido a la suma de agregados que solicitan las diferentes capas de la estructura de una vía, parece adecuado pensar en la reutilización de estos agregados. Existen en la actualidad diversos estudios que recomiendan el uso de los agregados reciclados, sea para la elaboración de nuevos hormigones o como capas granulares y en menor medida el uso en mezclas asfálticas.

Materiales y Métodos

En función de alcanzar el objetivo propuesto, la presente investigación se desarrolló desde el paradigma positivista que dicho por Martínez (2013), “Busca los hechos o causas de los fenómenos sociales independientemente de los estados subjetivos de los individuos” (p. 2); es decir, persigue de una manera objetiva la verdad de los hechos o acontecimientos ocurridos dentro de un espacio que ayude a la objetividad de los resultados y posteriormente el análisis de los mismos. Considerándose esto como parte importante dentro de la presente investigación.

Dentro de la presente investigación, lo que se busca es responder a las interrogantes planteadas dentro de la misma, ya que están relacionadas con el objetivo analizar las características técnicas de mezcla de mortero utilizando ceniza volcánica y hormigón reciclado. Lo que implica tomar acciones objetivas que promuevan la solución contexto investigativo y sistematizado.

En este mismo sentido, el enfoque es el cuantitativo, debido a que se plantearon mediciones numéricas y cuantificables sobre el fenómeno con el fin de determinar el comportamiento de la población objeto de estudio, utilizando para ello, la recolección de datos con la finalidad de contestar preguntas de investigación y ser analizados con la estadística descriptiva. (Hernández, et al., 2015).

De tal manera que se asumió el diseño no experimental, en la cual se plantea la no manipulación de las variables, se observan los hechos de una forma directa de la realidad, sin manipular en forma

deliberada ninguna de las variables que se estudian, por lo los hechos se visualizan tal y como se presentan en su contexto real y en un tiempo determinado. (Palella y Martins, 2012).

La población está conformada por 10 ingenieros trabajadores de la Universidad de Guayaquil, la cual fue tomada en su totalidad por tener fácil acceso para la aplicación de los instrumentos y poder obtener respuesta en el momento preciso. Sin hacer abrupto el tiempo de espera. Como lo describe Pérez (2009); La población es el conjunto finito o infinito de unidades de análisis, individuos, objetos, lo que hace ver que la población seleccionada puede dar respuestas objetivas sin tener alguna duda de perder la eficiencia y la confiabilidad en este caso.

La técnica para recabar los datos fue la encuesta aplicada mediante un cuestionario como instrumento de medición con 10 ítems, que tuvieron las siguientes alternativas de respuestas: Siempre (S), Casi Siempre (CS), A Veces (AV), Casi Nunca (CN), Nunca, mismas que fueron analizadas con el apoyo de la estadística descriptiva, de donde se obtuvo información útil y relevante para sustentar la propuesta que se presenta en el presente estudio, relacionada con las variables Ceniza volcánica y Hormigón reciclado.

Para la confiabilidad de la escala de medición en el análisis de las características técnicas de mezcla de mortero utilizando ceniza volcánica y hormigón reciclado en la Universidad de Guayaquil, se procedió al cálculo mediante el coeficiente de alfa de Cronbach, a partir de la consistencia interna del ítem, en la que varía entre 0 y 1 (0 es ausencia total de consistencia y 1 es consistencia perfecta), el cual requiere una sola administración para producir valores entre 0 y 1. Un coeficiente de cero “0” significa nula, porque mientras más se acerque a cero “0” mayor error habrá en la medición. Si es uno “1” representa el máximo de confiabilidad. En el presente estudio, la confiabilidad arrojó un 0,8% por lo que se considera altamente confiable el instrumento.

Análisis de los resultados

Cuadro 1 Presentación de la Variable: Mortero utilizando ceniza volcánica

Variable: Mortero utilizando ceniza volcánica					
Dimensión: Cenizas volcánicas		Dimensión: Yacimientos		Dimensión: Procesos adaptables	
Ítems	Promedios	Ítems	Promedios	Ítems	Promedios
1	3	3	4	4	4
2	4	0	0	5	3

Fuente: El autor (2022)

Variable: Mortero utilizando ceniza volcánica

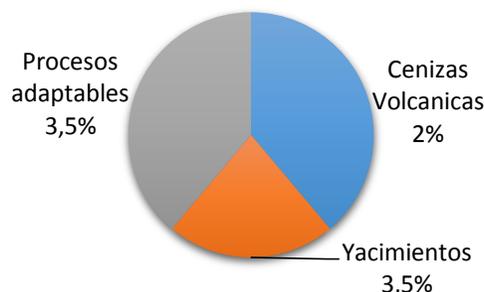


Gráfico 1. Estudio de la Variable: Mortero utilizando ceniza volcánica y sus dimensiones.

Se puede enunciar que en la variable Mortero utilizando ceniza volcánica, en la que se consideran las dimensiones: Ceniza volcánica, Yacimientos y Procesos adaptables que el diseño de las estrategias para el usos de estos materiales se presentan con porcentaje alto de un 40% como índice superior, al afirmar los entrevistados que Casi Nunca se realizan adecuadamente, haciendo ver que el diseño de nuevas estrategias es necesario y que se debe considerar un plan para la mejora dentro de la empresa. En consecuencia, es necesario establecer una transformación interna con el aporte de nuevas estrategias. Considerándose que en la actualidad este tipo de transformación es lo que genera una producción satisfactoria.

Cuadro 2 Presentación de la Variable: Hormigón reciclable

Variable: Hormigón reciclable					
Dimensión: Mantenimiento eficaz		Dimensión: Mejoramiento		Dimensión: Equipos adecuados	
Ítems	Promedios	Ítems	Promedios	Ítems	Promedios
6	3,5	8	3	9	4
7	4	0	0	10	3,5

Fuente: El autor (2022)

Variable: Hormigón reciclable

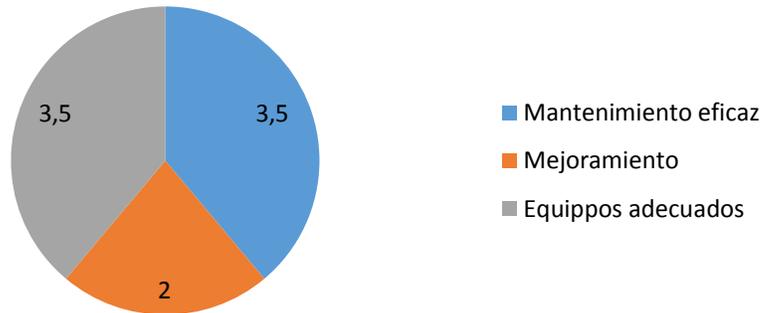


Gráfico 2. Estudio de la Variable: Hormigón reciclable.

En esta oportunidad y considerándose la variable Hormigón reciclable, cuyas dimensiones son: Mantenimiento eficaz, Mejoramiento y Equipos adecuados, se destaca que la maniobra preventiva y ayuda en la corrección de eventos dentro de la empresa cuando es necesario la obtención de un producto de calidad, se encuentra definido por el alto porcentaje de 80% al responder los entrevistados que Casi Nunca lo hacen; lo que evidencia que el trabajo no se está dando en forma óptima, lo que conlleva a una rutina de labor diaria de los empleados que se aleja de los criterios ambientales. Es decir, que es necesario hacer un cambio dentro de los planes de trabajo, para dar paso a una transformación y por consiguiente un mejoramiento paulatino de las formas de actuar.

Propuesta

La propuesta se denomina: Caracterización de mezclas asfálticas con agregados reciclados. En principio, se proyectó el uso de la totalidad del AR como agregado en las mezclas (Serie I). Al aplicar la metodología especificada en Argentina para el diseño y evaluación del concreto asfáltico convencional, se presentaron altos porcentajes de agregado grueso reciclado fracturado durante los procesos de mezclado y compactación, por lo que de allí en adelante se decidió usar solamente el agregado fino reciclado II y III. Con cada mezcla se moldearon briquetas con el compactador Marshall utilizando 5,50 % de asfalto y se determinaron sus propiedades volumétricas y mecánicas. Las probetas de I-D19 se compactaron aplicando 75 golpes por cara mientras que en el caso de I-G19 CS y I-G19 SS se empleó menor energía de compactación, 50 golpes por cara.

A partir de las recuperaciones por lavado de reflujos de solvente realizadas se observaron cambios significativos en las granulometrías debidos a la degradación del Agregado grueso reciclado durante la elaboración de las mezclas, este efecto es más importante en el proceso de compactación, pero la degradación se acentúa durante el ensayo de Estabilidad Marshall. Dado que la interacción entre partículas de agregados gruesos constituye una contribución importante dentro del mecanismo resistente de un concreto asfáltico, la posibilidad de una fractura progresiva de dichas partículas resulta en principio inadmisibles (Cho et al, 2010). Por tal motivo se planteó como segunda alternativa explorar el uso del Agregado fino reciclado serie II.

La serie II incluyó dos mezclas utilizando Agregado Grueso Natural y el Agregado Fino Reciclado: un Concreto Asfáltico Convencional D19 (II-D19) y un CAC G19 (II-G19). Para el diseño de la mezcla se utilizó el Método Marshall con un barrido de contenidos de asfalto de 4,5 %, 5,0 % y 5,5 %. Las briquetas fueron moldeadas empleando 75 golpes/cara para la carpeta y 50 golpes/cara para la base.

En la serie III se preparó un Concreto Asfáltico Convencional tipo D19 (III-D19) y un Concreto Asfáltico Convencional G19 (III-G19). Se moldearon seis briquetas, cada una de ellas con los correspondientes contenidos óptimos de asfalto aplicando 50 golpes por cara. Además de los parámetros Marshall se evaluaron el módulo de rigidez, la resistencia a tracción y daño por humedad. Se comparan los parámetros encontrados con los criterios de la CPA. Además se realizó a la mezcla densa el ensayo de rueda cargada (Wheel Tracking Test, WTT) empleando briquetas prismáticas de 0.3x0.3x0.05 m compactadas a la densidad de diseño a 60 °C., no se cumplen los valores mínimos recomendados por el LEMIT para evitar el ahuellamiento ante volúmenes de tránsito normal a alto. (Chalen, 2017).

El estudio de hormigones de cemento portland se hizo siguiendo técnicas convencionales se fabricaron hormigones tipo H-13 y H-30, tanto con agregados naturales como incorporando Agregado grueso reciclado. En los hormigones H13, se observaron resistencias a compresión, flexión y rendimientos parecidos sin darle importancia al agregado grueso utilizado, en cambio las distintas resistencias de los hormigones H30, tuvieron una disminución con relación a los hormigones elaborados con agregados naturales.

Una vez determinadas las condiciones óptimas de compactación se moldearon probetas para la determinación del Valor Soporte (CBR- california bearing ratio); la norma argentina indica que el Valor Soporte de una base granular deberá obtenerse mediante el Método Dinámico Simplificado

Nº1 y deberá alcanzar un mínimo de 80 % para el material compactado al 97 % de su PUVSmáx. Las probetas que fueron saturadas en agua por 4 días no presentaron hinchamiento e incluso requirieron mayores presiones de penetración que las probetas compactadas en estado seco con igual energía.

Caracterización

Los resultados obtenidos se consideraron tomando en cuenta el objetivo destinado a analizar las características técnicas de mezcla de mortero utilizando ceniza volcánica y hormigón reciclado en la Universidad de Guayaquil. En cuanto a los parámetros mecánicos se encontraron resultados típicos de una mezcla poco flexible, que no fueron afectados significativamente por la variación del contenido de asfalto.

Con base a los datos obtenidos en la ejecución de la propuesta, se adoptó el contenido óptimo de asfalto que más ajusta a los criterios de las recomendaciones de la CPA, dado que el porcentaje de vacíos para la capa de rodadura con 5 % de cemento asfáltico no cumplía con el mínimo requerido, se moldearon briquetas con menor energía de compactación adoptando el juicio de diseño de mezclas de tránsito medio del Instituto del Asfalto de Estados Unidos, es decir, con menor energía de compactación que se verifica por el porcentaje de vacíos que está entre 3 y 5 %.

Los criterios para obtener el porcentaje óptimo de ligante están referidos a mezclas con agregados naturales, en el caso de las probetas con Agregado fino reciclado se encontraron mezclas mucho más rígidas que las convencionales con AN, lo que pudo ser causado por la presencia de material cementíceo proveniente del hormigón original. Una posibilidad de reducir esta rigidez es a través del uso de asfaltos de menor consistencia, de esta manera la mezcla puede flexibilizarse sin cambiar significativamente los parámetros volumétricos. El estudio de esta alternativa excede el alcance del presente estudio.

El hormigón de origen de los agregados reciclados fue conseguido a partir de losas fracturadas que eran abandonadas dentro de un programa de bacheo. Tal hormigón fue elaborado con agregados graníticos, muy abundantes de la zona. Los agregados reciclados fueron obtenidos mediante el empleo de una trituradora de mandíbulas logrando dos fracciones de agregado grueso reciclado y una de agregado fino reciclado.

La relación entre peso de losa y peso de agregado reciclado generado es en general 1:1 y da lugar a un 80% de agregado grueso reciclado y 20% de agregado fino reciclado aproximadamente. Se

trabajaron como alternativas el uso de los agregados reciclados en mezclas asfálticas, en hormigones de cemento portland y en bases granulares. Se eligieron dos de los tipos de Concreto Asfáltico Convencional más utilizados, uno de granulometría gruesa para capa de base y uno de granulometría densa para capa de rodadura. En principio se proyectó el uso de la totalidad del agregado reciclado como agregado pero dado que al aplicar la metodología especificada en Argentina para el diseño y evaluación de concreto asfáltico convencional se presentaron altos porcentajes de agregado grueso reciclado fracturado durante el mezclado y compactación, en adelante se decidió usar solamente el agregado fino reciclado II y III. En hormigones se examinó el uso como capa de rodamiento (tipo H-30) o como base (tipo H-13).

La producción de hormigones se ejecutó usando únicamente la fracción gruesa del agregado reciclado. Así mismo, se obtuvo una base granular combinando agregado grueso reciclado y agregado fino reciclado. Para el Concreto asfáltico convencional se utilizó un cemento asfáltico que desempeña los requerimientos de un asfalto Tipo II de Penetración 50-60 de la norma argentina IRAM 6604. Para la elaboración de los hormigones se utilizó un cemento portland, agregado grueso natural y reciclado, súper fluidificante, un aditivo reductor de agua y arena silíceo natural. Para elaborar la base granular y proporcionar cohesión se utilizó un suelo seleccionado que cumple con los requerimientos del tipo de suelo A4 según H.R.B. (Highway Research Board).

Las dos fracciones de agregado grueso reciclado fueron identificadas como R38 y R19 tomando en cuenta el tamaño máximo. La fracción fina fue identificada como R0-6. Como agregados naturales se emplearon dos piedras graníticas trituradas (G19 y G25) y una arena de trituración 0-6 (G0-6) provenientes de la ciudad de Olavarría, Provincia de Buenos Aires. Dado a que en Argentina no existe una normativa o recomendación para uso y caracterización de agregado reciclado se utilizaron las normas para agregados naturales tanto gruesos como finos. Los agregados naturales y reciclados presentan granulometrías similares, se comparan sus propiedades físicas y mecánicas por medio de ensayos y se verifica que los agregados reciclados poseen menor densidad, e índices de lajas y agujas pero mayor desgaste y absorción que los agregados naturales. En cuanto a los agregados finos reciclados presente igual equivalencia de arena que los agregados naturales (Chalen, 2017)

Conclusiones

Los agregados reciclados generados por una trituradora de mandíbulas presentaron una distribución granulométrica que los hace aptos para su empleo en hormigones, mezclas asfálticas y estabilizados granulares; pero la presencia de mortero en los agregados, sus diferencias con los agregados naturales (menor densidad, mayor absorción y pérdida por abrasión) se las debe tener presente al momento de elaborar las mezclas.

Las mezclas asfálticas los Agregados Grueso Reciclado sufren importantes degradaciones durante las etapas de mezclado y compactación, lo que puede asociarse al alto desgaste de estos agregados, por lo cual se recomienda su uso en porcentajes inferiores al 30%. Las mezclas con Agregado Fino Reciclado, resultaron poco flexibles y sus valores no cumplen las recomendaciones para tránsito medio a alto; sin embargo, es factible el uso de Agregado reciclado en mezclas asfálticas para casos de bajo tránsito.

Las bases granulares con Agregado Reciclado mostraron menor peso unitario y mayor humedad óptima que las elaboradas con agregados naturales, lo que se atribuye a la menor densidad y mayor absorción del Agregado Reciclado. Las probetas sumergidas 4 días en agua no sufrieron cambios de volumen y mostraron mayor valor CBR que las ensayadas en estado seco. El soporte en la base con Agregado Reciclado no consiguió el mínimo exigido para bases, pero cumple con el valor solicitado para elaborar sub-bases.

Finalmente se destaca que, si bien el impacto positivo sobre el medio ambiente no se ponderó en este trabajo, se considera relevante dado que la sustentabilidad en las construcciones civiles y en los procesos industriales representa uno de los mayores desafíos del siglo XXI. Además de reducir el consumo de recursos no renovables y la extracción de grandes superficies de capa vegetal, para el caso estudiado disminuye sustancialmente el consumo de combustibles y otros insumos que corresponden al transporte de agregados naturales.

Referencias

1. Angulo, V. (2020). Influencia de la adición 2%, 3% y 5% de ceniza volante en las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento en Cajamarca, 2019. Trabajo para el título de ingeniero Civil. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle>
2. Cabrera-Covarrubias, F. G., Gómez-Soberón, J. M., Almaral-Sánchez, J. L., Arredondo-Rea, S. P., Gómez-Soberón, M. C., & Mendivil-Escalante, J. M. (2017). Propiedades en

- estado fresco de morteros con árido reciclado de hormigón y efecto de la relación c/a. Ingeniería y Desarrollo, 35(1), 198-218. <https://doi.org/10.14482/inde.35.1.8949>
3. Carreño, F. (2020). Análisis técnico-económico del uso de PET reciclado como reemplazo parcial de áridos finos en hormigones. Trabajo de ingeniería civil. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle>
 4. Chávez, F., Chalen, J. & Cevallos, Z. (2017). Aprovechamiento del hormigón reciclado en obras viales. Polo del Conocimiento, 2(6), 624-640. DOI: 10.23857/pc.v2i6.150
 5. Guzmán, M. F. S., Ruiz, D. D. P., Gómez, L. M. T., & Hernández, N. D. (2017). Residuos inertes para la preparación de ladrillos con material reciclable: una práctica para protección del ambiente. Industrial Data, 20(1), 131-138. <https://www.redalyc.org/pdf/816/81652135016.pdf>
 6. Hernández, R., Baptista, P., & Fernández, C. (2015). Metodología de la Investigación. México D.F., México: Mc Graw Hill education
 7. Martínez, V. (2013). Paradigmas de investigación. Manual multimedia para el desarrollo de trabajos de investigación. Una visión desde la epistemología dialéctico crítica. https://pics.unison.mx/wp-content/uploads/2013/10/7_Paradigmas_de_investigacion_2013.pdf
 8. Palella, S., & Martins, F. (2012). Metodología de la Investigación Cuantitativa. Caracas, Venezuela: Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
 9. Pérez, A. (2009). Guía Metodológica para anteproyectos de investigación (3ª ed.). Caracas: FEDEUPEL.