



*Estudio comparativo de mezclas de hormigón tradicional y hormigón con ripio*

*Comparative study of mixtures of traditional concrete and concrete with grip*

*Estudo comparativo de misturas de betão tradicional e betão com grip*

Carlos Alfonso Bustamante-Collaguazo <sup>I</sup>

[cbustamantec@ulvr.edu.ec](mailto:cbustamantec@ulvr.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-0464-8598>

Javier Nicolás Areche-García <sup>II</sup>

[javier.arecheg@ug.edu.ec](mailto:javier.arecheg@ug.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-0985-9482>

**Correspondencia:** [cbustamantec@ulvr.edu.ec](mailto:cbustamantec@ulvr.edu.ec)

Ciencias técnicas y aplicadas

Artículo de investigación

\***Recibido:** 22 de mayo de 2021 \***Aceptado:** 20 de junio de 2021 \* **Publicado:** 05 de julio de 2021

- I. Egresado en la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil 2020, Investigador Independiente, Supervisor Técnico de obras en FABUSCOA, S.A, Ecuador.
- II. Ingeniero Civil, Abogado, Magister Scientiarum en Gerencia Empresarial, Doctor en Ciencias para el Desarrollo Estratégico, Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción, Carrera de Ingeniería Civil, Docente Investigador, Universidad de Guayaquil, Facultad de Matemáticas y Física, Carrera de Ingeniería Civil, Docente Investigador, Ecuador.

## Resumen

La investigación, plantea como objetivo general: comparar las características mecánicas de las mezclas de hormigón tradicional y hormigón con ripio. Para lo cual se desarrolla y se comparan las características mecánicas resultantes de dos tipos de configuración de hormigón y sus respectivas dosificaciones para las resistencias establecidas, a partir del empleo del ripio como agregado y su homólogo de carácter tradicional. Todo ello, para saber si resulta útil para ciertos elementos que se requieran en la construcción y puedan remplazarse del hormigón tradicional, en el contexto de que el acceso a los materiales para este tipo de hormigón sea nulo, escaso o limitado, y como medida alterna e innovadora de materiales constructivos. Este trabajo utilizó el método inductivo y deductivo, la temática a tratar en la investigación es de carácter experimental, con enfoque cuantitativo, fundamentando mayormente en información de la ejecución de pruebas de laboratorio para determinar los coeficientes requeridos. Se determinó que las mezclas de hormigón con ripio cumplen con los criterios que contempla el marco normativo para el hormigón; sin embargo, hay características que exige la normativa que se deben tomar en consideración.

**Palabras clave:** Hormigón; tradicional; ripio; características mecánicas; materiales; mezclas.

## Abstract

The research raises the general objective: to compare the mechanical characteristics of traditional concrete mixes and concrete with rubble. For which the mechanical characteristics resulting from two types of concrete configuration and their respective dosages for the established resistances are developed and compared, based on the use of gravel as aggregate and its traditional counterpart. All this, to know if it is useful for certain elements that are required in construction and can be replaced by traditional concrete, in the context that access to materials for this type of concrete is null, scarce or limited, and as an alternative measure and innovative construction materials. This work used the inductive and deductive method, the topic to be dealt with in the research is experimental, with a quantitative approach, based mostly on information from the execution of laboratory tests to determine the required coefficients. It was determined that the mixes of concrete with rubble meet the criteria contemplated in the regulatory framework for concrete; however, there are characteristics that the regulations require that must be taken into consideration.

**Keywords:** Concrete; traditional; rubble; mechanical characteristics; materials; mixtures.

## Resumo

A pesquisa levanta o objetivo geral: comparar as características mecânicas das misturas tradicionais de concreto e concreto com entulho. Para o qual são desenvolvidas e comparadas as características mecânicas resultantes dos dois tipos de configuração do concreto e suas respectivas dosagens para as resistências estabelecidas, a partir da utilização da brita como agregado e sua contraparte tradicional. Tudo isso para saber se é útil para determinados elementos que são exigidos na construção e podem ser substituídos pelo concreto tradicional, no contexto em que o acesso aos materiais para este tipo de concreto é nulo, escasso ou limitado, e como medida alternativa e materiais de construção inovadores. Este trabalho utilizou o método indutivo e dedutivo, o tema a ser tratado na pesquisa é experimental, com uma abordagem quantitativa, baseada principalmente em informações provenientes da execução de testes de laboratório para determinação dos coeficientes exigidos. Foi determinado que as misturas de concreto com entulho atendem aos critérios contemplados no marco regulatório do concreto; no entanto, existem características que os regulamentos exigem que devem ser levadas em consideração.

**Palavras-chave:** Concreto; tradicional; entulho; características mecânicas; materiais; misturas.

## Introducción

El Instituto Norteamericano del Hormigón (A.C»I.), en su Norma 211.2-69, define al hormigón liviano estructural como aquel hormigón realizado con áridos livianos que cumplen la Norma ASTM 330; que tiene una resistencia a compresión superior a 173 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días en probetas ensayadas según Norma ASTM C-330 y posee un peso de la unidad de volumen, seco al aire, inferior a 1 840 kg/m<sup>3</sup>; esto conlleva a que se utilicen distintos tipos de materiales en fabricación tales como el ripio. En este sentido, se expresa que el material anteriormente mencionado, se sigue empleando en mezclas de hormigones, sobre todo en aquellos recintos rurales del Ecuador. Esta práctica actualmente no se encuentra avalada dentro de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, que es aquella que estipula los procedimientos para hormigones estructurales con dosificación de agregados grueso y fino en sus normativas específicas de aglomerantes (cemento y agua) según el diseño. Esto conlleva a que se sigan empleando sistemas constructivos que afectan las características mecánicas del hormigón. Otro problema identificado, radica en que el ripio no tiene las características idóneas para la mezcla al presentar material grueso no triturado y bordes no angulares que conllevan a la pérdida del efecto

de trabazón; esto es que no permite la adherencia entre las piedras con el hormigón. Lo que lleva a formular el problema de la siguiente manera: ¿Cómo se comportan las características mecánicas de las mezclas de hormigón tradicional y hormigón con ripio?, cuyo objetivo general plantea: comparar las características mecánicas de las mezclas de hormigón tradicional y hormigón con ripio.

Por tanto, el desarrollo de la investigación se fundamenta en cinco aristas, brindando importantes aportes a la comunidad siendo estos de carácter: teórico, práctico, metodológico, social y legal. Partiendo de una real necesidad presente en el sector de la construcción.

Resaltando la importancia del estudio con materiales alternos, que cumplan con todos los parámetros legales y técnicos requeridos para su implementación en la construcción local y/o nacional. Debido a la naturaleza de producción o explotación de los agregados para la elaboración del hormigón tradicional, resulta limitado o nulo el alcance a los mismos, por lo que identificar composiciones cuyas cualidades mecánicas y físicas resultantes cumplan es fundamental.

Ante la falta de métodos y materiales alternos, es notable el desarrollo del presente estudio comparativo, donde esta temática nace de la aplicación de los conocimientos adquiridos para realizar una indagación para el uso del ripio en el hormigón y que este cumpla los estándares requeridos con el objetivo de identificar las mejoras que se deben ejecutar para la obtención de nuestro principal fin.

Desde un punto de vista práctico este estudio sirve como guía para los constructores, Ingenieros Civiles, maestros albañiles, contratistas y/o empresas contratantes para desarrollar dosificaciones de mezcla de hormigón con ripio que cumplan con lo establecido en las normas.

Desde la visión práctica este estudio refleja resultados que con certeza indican si las mezclas con ripio, evidentemente más económicas, cumplen con lo solicitado o con las resistencias que se requieren, optimizando recursos económicos y materiales, brindando importantes beneficios a los constructores, Ingenieros Civiles, maestros albañiles, contratistas y/o empresas contratantes.

Desde una perspectiva metodológica este estudio proporciona aspectos relevantes al uso metodológico del paradigma cuantitativo aplicado a temas constructivos, que podrán ser utilizados replicados y/o mejorados en futuras investigaciones.

Otro aspecto importante del por qué el desarrollo de esta investigación es el impacto social que tendrá, determinar que el hormigón elaborado con ripio es técnicamente correcto, responde a una solución que podría implementarse en desarrollos inmobiliarios. Y finalmente, fundamentándose en los objetivos planteados en el Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 que indica entre sus ejes temáticos y de acción: incentivar la producción y consumo ambientalmente responsable; promover la investigación,

la formación, la capacitación, el desarrollo, la transferencia tecnológica, la innovación y el emprendimiento, la protección de la propiedad intelectual, para impulsar el cambio de la matriz productiva mediante la vinculación entre el sector público, productivo y las universidades; e, implementar sistemas constructivos seguros y energéticamente eficientes en zonas de alta exposición a amenazas de origen natural y antrópico.

Resulta imprescindible el desarrollo de nuevas alternativas cumpliendo con todos los estándares establecidos en la Normas Técnica Ecuatoriana de la Construcción; así que, por estas y demás cualidades descritas se desarrolla el trabajo investigativo como alternativa y contribución a la comunidad.

La hipótesis a defender es: las características mecánicas de las mezclas de hormigón con ripio son similares a las características mecánicas de las mezclas de hormigón tradicional. Todo ello apoyado en la línea de investigación de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Carrera De Ingeniería Civil, sobre: Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables, Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción, sub línea Materiales de construcción.

## Desarrollo

1. **Ripio:** Es un tipo de piedra dura, granular, libre de impurezas y de uso variado, perteneciente al grupo de las piedras machacadas dentro de la clasificación de rocas por su función. Proviene de la recolección de rocas de canteras (habitualmente) o basálticas para su posterior trituración y cribado hasta alcanzar un tamaño más manejable o útil para su destino (Naranjo, 2019). El ripio se obtiene triturando las piedras en la cantera el proceso empieza por una roca de tamaños grandes las cuales se le coloca dinamitas las cuales permiten obtener piedras más pequeñas que puedan ser transportadas a una trituradora y obtener rocas más pequeñas llamadas grava y gravillas (Robles, 2016). Su producción de acuerdo a Cantera La Chola II (2016), se fundamenta en: la obtención del ripio, el destape y, el almacenamiento y carga; asimismo, sus características deben contar con cualidades idóneas para su correcta empleabilidad y efectividad.

2. **Hormigón tradicional:** es un material que se utiliza en la construcción. Suele elaborarse mezclando cal o cemento con grava, arena y agua: cuando se seca y fragua, el hormigón se endurece y gana resistencia. La fórmula del hormigón, también llamado concreto, implica la combinación de un aglomerante (el cemento), agregados (áridos como la grava y la arena) y agua. En ocasiones se recurre también a diversos aditivos para modificar sus características (Pérez y Merino, 2020).

Muchos factores hay que tener en cuenta en la fabricación de un hormigón para que cumpla las condiciones de calidad que se le exige en el proyecto de una estructura de hormigón armado. Estas exigencias de calidad del hormigón obedecerán tanto a criterios de resistencia y rigidez, como a criterios de durabilidad, así como los factores (acciones físicas y químicas) que afectan a esta durabilidad, las características fundamentales que presenta el material hormigón en las distintas fases por las que atraviesa su formación, hasta alcanzar las características que se le exige como material de construcción (Troyano, 2019).

Muy pocos conocen la gran variedad existente de hormigón, los cuales han sido diseñados para hacerle frente a una gran variedad de problemas en la construcción. Todo gracias a la versatilidad del hormigón, cuya mezcla de agua, cemento, grava, arena, aditivos, fibras o pigmentos nos proporcionan un material duradero, resistente el cual lo podemos usar para muchos fines (Equipo PaviConj, 2019). Algunos de ellos son: hormigón anti-bacterias, hormigón drenante, hormigón autocompactante, hormigón proyectado reforzado con fibras, hormigón de alta resistencia, hormigón traslúcido, hormigón excavable, hormigón pretensado, hormigón postensado y hormigón ciclópeo.

3. **Cemento:** es la argamasa o mezcla de materiales empleados en el campo de la construcción para cohesionar, fijar o cubrir pisos y paredes. El aglomerante, generalmente presentado en fino polvo, está compuesto por Clinker, yeso y ciertos aditivos químicos. Mezclado con agua fragua y endurece. Se caracteriza por ser un material rígido y resistente a la compresión (Rocas y minerales, 2018). Entre los tipos de cemento, se pueden mencionar: cemento Portland, cemento de fraguado o endurecimiento rápido, cemento blanco, cemento de bajo calor y cemento resistente a los sulfatos.
4. **Agregados para la elaboración del concreto:** Los agregados son un conjunto de partículas, de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados. Pueden tener tamaños que van desde partículas casi invisibles hasta pedazos de piedra, junto con el agua y el cemento, conforman el trío de ingredientes necesarios para la fabricación de concreto. Los agregados

deben de ser transportados y acopiados de manera que se evite su segregación y contaminación, debiendo mantener las características granulométricas de cada una de sus fracciones hasta su incorporación a la mezcla, tienen que cumplir con las especificaciones técnicas establecidas en la norma ASTM C33 y NTP 400.037 (Supermix, 2018).

## **Materiales y Métodos**

Una investigación es un proceso que se lleva a cabo mediante la aplicación de un método científico, este trabajo utilizó el método inductivo y deductivo, porque será un estudio de comparación entre dos diseños de hormigón, tal como lo indica Arrieta (2019), a saber: el método inductivo, se utiliza partiendo de casos particulares para llegar a una proposición general y, el método deductivo, es un tipo de razonamiento usado para aplicar leyes o teorías a casos singulares.

Por otro lado, el tipo de investigación, es de tipo experimental, dado que al final se pueden identificar cambios entre las sustancias o variables unidas, cabe mencionar que la experimentación se puede realizar con cualquier tipo de sujetos, es decir animales, planta, objetos u otros materiales basándose en principios éticos, a fin de poder establecer el efecto que genera una causa expuesta o manipulada (Hernández et al., 2015). por tanto, la investigación es experimental debido a que se realizaron ensayos de laboratorio con condiciones controladas, a los agregados que componen el diseño de hormigón como son las arenas, agregado grueso y ripio, todos los ensayos de clasificación, densidad, abrasión, sulfato, etc. y el diseño para resistencias de 210, 250, y 280 kg/cm<sup>2</sup>.

El enfoque cuantitativo, con un orden es riguroso. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones respecto de la hipótesis (Fernández, 2016). La investigación se enfocó en determinar valores como la resistencia a la compresión, el revenimiento y su resistencia a flexión, que van a describir el comportamiento mecánico del hormigón con ripio respecto con el tradicional, estos datos son numéricos por lo tanto el estudio es cuantitativo.

Las técnicas de investigación, son procesos e instrumentos que se utilizan al iniciar el estudio de un fenómeno determinado. Estos métodos permiten recopilar, examinar y exponer la información, de

esta forma se logra el principal objetivo de toda investigación, que es adquirir nuevos conocimientos. La elección de la técnica de investigación más adecuada depende del problema que se desea resolver y de los objetivos planteados, motivo por el cual esta elección resulta ser un punto fundamental en todos los procesos investigativos (González, 2020).

El ripio se obtuvo de las canteras o yacimiento que están ubicadas al pie del río Quevedo en la Provincia de los Ríos. El primer paso, obtener el ripio de las canteras, proceder a realizar su ensayo de clasificación, peso específico, absorción, abrasión, sulfato, el diseño para hormigón con resistencia de 210, 250, y 280 kg/cm<sup>2</sup>, una vez obtenida el diseño se procede a elaborar los cilindros respectivo para luego realizar su rotura a la edad establecida 7, 14, 28 días y testigos su comparación con el diseño patrón seleccionado que es el hormigón tradicional.

### **Análisis y discusión de los resultados**

Para la elaboración del estudio comparativo del diseño de hormigón, fue necesario conseguir los materiales propuestos, para utilizarlo como parte del diseño del hormigón, así como, los materiales tradicionales y el agredo de ripio, analizar ambos diseños con resistencias de 210 kg/cm<sup>2</sup> - 250 kg/cm<sup>2</sup> - 280 kg/cm<sup>2</sup>, con estos seis diseños se tiene una comparación de su resistencia y dosificación, para considerarlo al aplicar este agregado como es el ripio en las obras que cuenten con este material.

Para el desarrollo de este estudio comparativo se propuso los siguientes objetivos:

- Determinar las dosificaciones requeridas para hormigón con ripio con resistencia 210 kg/cm<sup>2</sup> - 250 kg/cm<sup>2</sup> - 280 kg/cm<sup>2</sup>.
- Identificar las características mecánicas del hormigón con ripio para las resistencias 210 kg/cm<sup>2</sup> - 250 kg/cm<sup>2</sup> - 280 kg/cm<sup>2</sup>.
- Determinar las características mecánicas del hormigón tradicional para las resistencias 210 kg/cm<sup>2</sup> - 250 kg/cm<sup>2</sup> - 280 kg/cm<sup>2</sup>.
- Comparar las caracterizar mecánicas del hormigón tradicional con las características mecánica del hormigón con ripio para las resistencias 210 kg/cm<sup>2</sup> - 250 kg/cm<sup>2</sup> - 280 kg/cm<sup>2</sup>.

Con respecto al primer objetivo se procedió a realizar los ensayos respectivos para obtener los valores para el diseño como es: peso volumétrico suelto G (Kg/m<sup>3</sup>), peso volumétrico varillado G (Kg/m<sup>3</sup>), densidad S S S (Kg/m<sup>3</sup>), módulo de finura, % absorción y demás ensayos adicionales para realizar los diseños respectivos de una resistencia a 210 kg/cm<sup>2</sup> - 250 kg/cm<sup>2</sup> - 280 kg/cm<sup>2</sup>.

Para determinar los análisis de los ensayos realizados a las muestras para elaborar el diseño de hormigón tanto del tradicional como el de ripio, se procedió de acuerdo a las siguientes fases:

- Elaboración y cálculo del contenido de humedad del agregado grueso y fino
- Elaboración y cálculo del contenido de sulfato del agregado grueso y fino
- Elaboración y cálculo del contenido de abrasión del agregado grueso
- Elaboración y cálculo de la gravedad específica y absorción del agregado grueso y fino
- Elaboración y cálculo del peso específico del agregado grueso y fino
- Elaboración y cálculo de la granulometría del agregado grueso y fino
- Se realizó el cálculo del diseño de hormigón  $f'c$  210 k/cm<sup>2</sup>, 250 k/cm<sup>2</sup>, 280 k/cm<sup>2</sup>, donde los asentamientos recomendados para diversos tipos de construcción, para este estudio se utilizó la media plástica (ver cuadro 1).

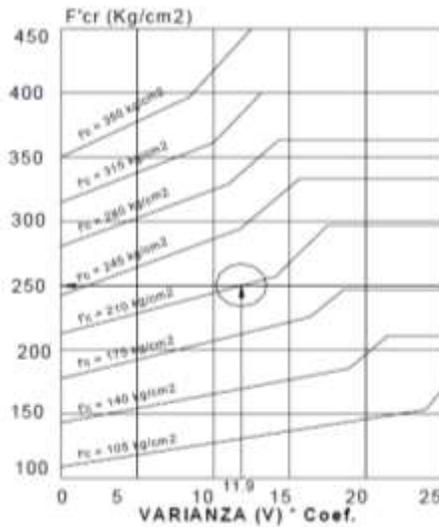
**Cuadro 1:** Ejemplo de asentamientos recomendados

Consistencia	Asentamiento (mm)	Ejemplo de tipo de construcción	Sistema de colocación	Sistema de compactación
Muy seca	0.0-20	Prefabricados de alta resistencia, revestimiento de pantalla de cimentación	Con vibradores de formaleta, concretos de proyección neumática (lanzados)	Secciones sujetas a vibración externa, puede requerirse presión
Seca	20-35	Pavimentos	Pavimentos con terminadora vibratoria	Secciones sujetas a vibración intensa
Semiseca	35-50	Pavimentos, fundaciones en concreto simple, losas poco reforzadas	Colocación con máquinas operadas manualmente	Secciones simplemente reforzadas con vibración
Media (Plástica)	50-100	Pavimentos compactados a mano, losas, muros, vigas, columnas, cimentaciones	Colocación manual	Secciones simplemente reforzadas con vibración
Húmeda	100-150	Elementos estructurales esbeltos o muy reforzados	Bombeo	Secciones bastante reforzadas con vibración
Muy húmeda	150-200	Elementos esbeltos, pilotes fundidos "in situ"	Tubo – embudo - tremie	Secciones altamente reforzadas con vibración
Súper fluida	Mas de 200	Elementos muy esbeltos	Autonivelante, autocompactante	Secciones altamente reforzadas sin vibración y normalmente no adecuados para vibrarse

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se determina el coeficiente de varianza a un determinado número de muestras ensayadas es de 11,9 en los tres casos de muestras de hormigón tradicional, para el diseño escogido de  $f'c$  210 Kg/cm<sup>2</sup>, sería de  $f'c$  250 Kg/cm<sup>2</sup>; el de  $f'c$  250 Kg/cm<sup>2</sup>, sería de  $f'c$  310 Kg/cm<sup>2</sup>; y el de  $f'c$  280 Kg/cm<sup>2</sup>, sería de  $f'c$  335 Kg/cm<sup>2</sup> (figura 1).

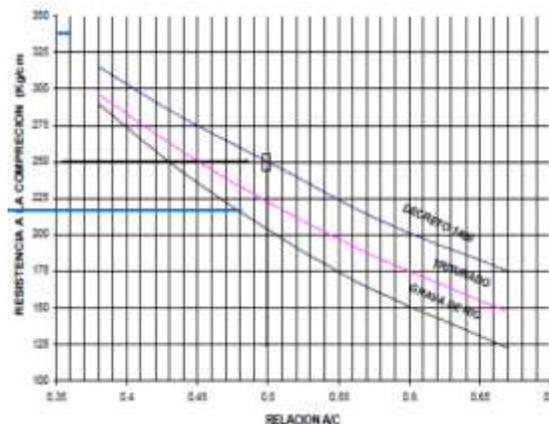
**Figura 1:** Ejemplo del coeficiente de varianza



Fuente: Elaboración propia

Luego, en el gráfico de la relación agua cemento se presentan tres tipos de relaciones utilizadas dependiendo del tipo de agregado, pero se recomienda utilizar el decreto 1400 para la estimación de la relación A/C. En este caso sería de 0,50 para  $f'c$  210 Kg/cm<sup>2</sup>; 0,394 para  $f'c$  250 Kg/cm<sup>2</sup>; y 0,356 para  $f'c$  280 Kg/cm<sup>2</sup> (figura 2).

**Figura 2:** Ejemplo del gráfico de resistencia a la compresión relación vs relación agua cemento



F0075ente: Elaboración propia

Se realizó el cálculo del contenido de cemento:

para  $f'c$  210 Kg/cm<sup>2</sup>:

$$C = \frac{A}{A/C} = \frac{200}{0,5} = 400$$

para  $f'c$  250 Kg/cm<sup>2</sup>:

$$C = \frac{A}{A/C} = \frac{200}{0,394} = 507,6$$

para  $f'c$  280 Kg/cm<sup>2</sup>:

$$C = \frac{A}{A/C} = \frac{200}{0,356} = 561,8$$

- Después, se realizó el mismo procedimiento con los ensayos para realizar los diseños con el material de ripio de 210 kg/cm<sup>2</sup> - 250 kg/cm<sup>2</sup> - 280 kg/cm<sup>2</sup>.
- Se realizó el cálculo del diseño de hormigón con ripio con  $f'c$  210 k/cm<sup>2</sup>, 250 k/cm<sup>2</sup>, 280 k/cm<sup>2</sup>, donde los asentamientos recomendados para diversos tipos de construcción, para este estudio se utilizó la media plástica del cuadro 1 anteriormente mostrado.
- De igual manera, se determina el coeficiente de varianza a un determinado número de muestras ensayadas es de 11,9 en los tres casos de muestras de hormigón con ripio, para el diseño escogido de  $f'c$  210 Kg/cm<sup>2</sup>, sería de  $f'c$  250 Kg/cm<sup>2</sup>; el de  $f'c$  250 Kg/cm<sup>2</sup>, sería de  $f'c$  310 Kg/cm<sup>2</sup>; y el de  $f'c$  280 Kg/cm<sup>2</sup>, sería de  $f'c$  335 Kg/cm<sup>2</sup> (figura 1, anteriormente mostrada).
- Así también, en el gráfico de la relación agua cemento se presentan tres tipos de relaciones utilizadas dependiendo del tipo de agregado, pero se recomienda utilizar el decreto 1400 para la estimación de la relación A/C. En este caso sería de 0,50 para  $f'c$  210 Kg/cm<sup>2</sup>; 0,394 para  $f'c$  250 Kg/cm<sup>2</sup>; y 0,356 para  $f'c$  280 Kg/cm<sup>2</sup> (figura anterior 2).
- Se realizó el cálculo del contenido de cemento:

para  $f'c$  210 Kg/cm<sup>2</sup>:

$$C = \frac{A}{A/C} = \frac{200}{0,5} = 400$$

para  $f'c$  250 Kg/cm<sup>2</sup>:

$$C = \frac{A}{A/C} = \frac{200}{0,5} = 400$$

para  $f'c$  280 Kg/cm<sup>2</sup>:

$$C = \frac{A}{A/C} = \frac{200}{0,356} = 561,8$$

Para determinar el segundo objetivo del estudio comparativo, como es identificar las características mecánicas del hormigón con ripio para las resistencias de 210 kg/cm<sup>2</sup> - 250 kg/cm<sup>2</sup> - 280 kg/cm<sup>2</sup>, se realizó la rotura a la compresión de los cilindros de hormigón con ripio, de acuerdo a lo establecido en las normas del ACI, así también su asentamiento a cada diseño y las roturas a flexión de las vigas de hormigón, cumpliendo con la resistencia diseñada.

De igual forma, para determinar el tercer objetivo de comparar las características mecánicas del hormigón tradicional para las resistencias de 210 kg/cm<sup>2</sup> - 250 kg/cm<sup>2</sup> - 280 kg/cm<sup>2</sup>, se realizó la rotura a la compresión de los cilindros de hormigón, de acuerdo a las normas del ACI, así también su asentamiento a cada diseño presentado y las roturas a flexión de las vigas de hormigón, cumpliendo con la resistencia diseñada.

Por último, para determinar el cuarto objetivo del estudio, sobre comparar las características mecánicas del hormigón tradicional y el de hormigón con ripio de resistencias: 210 kg/cm<sup>2</sup> - 250 kg/cm<sup>2</sup> - 280 kg/cm<sup>2</sup>, se muestra el cuadro 2, donde se resumen los ensayos de dosificación del diseño, rotura a compresión a los 28 días, rotura a flexión a los 28 días y asentamiento de cada diseño propuesto, dando valores acordes a lo requerido para cada diseño donde no presenta mucha variación.

**Tabla 2:** Resumen de los ensayos del hormigón tradicional y con ripio

Elemento	$f'c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dosificación del diseño (parihuela)	Rotura a la compresión a los 28 días Kg/cm <sup>2</sup>	Rotura a la flexión a los 28 días Mpa	Asentamiento
Hormigón con ripio	210	1:1:2,1	212,5	3,33	9,4
Hormigón con ripio	250	1:0,8:2,1	253,2	3,89	9,4
Hormigón con ripio	280	1:0,7:2,1	281,8	4,39	9,4
Hormigón tradicional	210	1:1,1:2,2	210,7	3,21	9,4
Hormigón tradicional	250	1:0,9:2,2	250,7	3,78	10,2
Hormigón tradicional	280	1:0,8:2,2	279,9	4,25	8,8

Fuente: Elaboración propia (2019)

## Conclusiones

Se realizó el análisis comparativo de la mezcla de hormigón tradicional y la mezcla de hormigón con ripio, con resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> - 250 kg/cm<sup>2</sup> - 280 kg/cm<sup>2</sup>, y por lo cual se obtuvieron los siguientes resultados:

- Los resultados obtenidos de los ensayos realizados a los agregados de ripio para elaborar el diseño con mezcla de hormigón en las tres dosificaciones propuesta fueron satisfactorias, se separó el material grueso del fino utilizando el tamiz N° 4 (4,75 mm), obteniendo su desgaste por medio del ensayo de abrasión del 17% que está dentro de lo requerido que debe ser menos al 50% según las especificaciones del MTOP; así mismo, su granulometría está dentro de los parámetros requeridos y el módulo de finura del agregado fino es 2,62, con una densidad de 2,389 g/cm<sup>3</sup> y su absorción es del 2,94%, el peso volumétrico suelto de 1,571 g/cm<sup>3</sup>. El agregado grueso tiene una densidad de 2,788 g/cm<sup>3</sup> y su absorción es del 4,43%, el peso volumétrico suelto de 1,929 g/cm<sup>3</sup>, con estos resultados se realizaron las dosificaciones para cada resistencia a la compresión propuesta.
- Respecto a las características mecánicas del hormigón con ripio, los resultados obtenidos fueron que: la resistencia a la compresión del diseño para 210 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días es de 212,5 kg/cm<sup>2</sup>, la rotura a flexión a los 28 días es de 3,33 MPa; para las resistencias 250 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días es de 253,2 kg/cm<sup>2</sup>, la rotura a flexión a los 28 días es de 3,89 MPa y para las resistencias 280 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días es de 281,8 kg/cm<sup>2</sup>, la rotura a flexión a los 28 días es de 4,39 MPa, reflejando que su característica mecánica que posee es muy satisfactoria y se la puede considerar.
- En relación a la caracterización de la resistencia obtenida del estudio comparativo del hormigón tradicional con las tres dosificaciones propuestas fue: resistencia a la compresión del diseño para 210 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días es de 210,7 kg/cm<sup>2</sup>, la rotura a flexión a los 28 días es de 3,21 MPa; para las resistencias 250 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días es de 250,7 kg/cm<sup>2</sup>, la rotura a flexión a los 28 días es de 3,768 MPa y para las resistencias 280 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días es de 279,9 kg/cm<sup>2</sup>, la rotura a flexión a los 28 días es de 4,25 MPa, comparando ambos resultados se observa que tanto su resistencia a la compresión como la rotura a flexión posee una

variación breve, determinando que su uso es no influyente para considerarla dentro de la mezcla con hormigón.

Las mezclas de hormigón con ripio cumplen con los parámetros que contempla el marco normativo para el hormigón, su resistencia y dosificación cumple para considerarlo dentro de su elaboración, pero la características que exige la normativa es que el agregado grueso tiene que ser triturado para darle una mejor adherencia por sus aristas fragmentadas, ya que posee una mejor fricción entre los agregados, características que no cuenta el ripio porque sus aristas son redondeadas por ese motivo no posee una buena adherencia perjudicando con el tiempo a la mezcla con hormigón.

Por último, se recomienda a los estudiantes de la carrera de ingeniería civil e investigadores de ésta área de conocimiento que buscan explorar nuevas opciones en el mundo de la construcción, realizar estudios más cautelosos de cada diseño propuesto y que cumpla con las especificaciones del MTOP, dando seguimiento a todos los materiales alternativos con el que se pueda innovar.

## Referencias

1. Arrieta, E. (2019). Método inductivo y deductivo. <https://n9.cl/cpc1>
2. ASTM C330. (s/f.). Historical Standard: Especificación Normalizada para Agregados Livianos para Concreto Estructural. <https://n9.cl/mfxpr>
3. Cantera La Chola II. Áridos Mesopotámicos. (2016). Especificaciones e instrucciones para el uso de áridos en movimiento de suelos. <https://n9.cl/6bozt>
4. Ecuador, R. d. (2008). Constitución del Ecuador. Quito: República del Ecuador. [https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4\\_ecu\\_const.pdf](https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf)
5. Ecuador, R. d. (2017). Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021. Quito: Secretaria Nacional de Desarrollo. <https://n9.cl/znx4>
6. Equipo PaviConj. (2019). Conoce los Tipos de Hormigón, Sus Aplicaciones y Sus Propiedades. <https://www.paviconj-es.es/noticias/tipos-de-hormigon/>
7. Fernández, J. (2016). El Enfoque Cuantitativo. <https://n9.cl/dneej>
8. González, G. (2020). Técnicas de investigación: tipos, características y ejemplos. <https://www.lifeder.com/tecnicas-de-investigacion/>
9. Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P., (2015). Metodología de la Investigación. Sexta edición. México: Mc Graw Hill education. <https://n9.cl/65f>

10. Instituto Americano del Concreto (ACI). (s/f). Requisitos de Reglamento de Construcción para Concreto Estructural. <https://n9.cl/e9v9u>
11. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2015). Servicio Ecuatoriano de Normalización. <https://www.normalizacion.gob.ec/>
12. Instituto Norteamericano del Hormigón (A.C»I.). (s/f). Norma 211.2-69. <https://n9.cl/ktjhj>
13. Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOPE) Ecuador. (s/f). Gobierno del encuentro. <https://www.obraspublicas.gob.ec/>
14. Naranjo, L. (2019). Materiales pétreos que se usan en la construcción. <https://n9.cl/uvry>
15. Norma ecuatoriana de la construcción (NEC). (s/f). Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUV). <https://n9.cl/3ea88>
16. Norma Técnica Peruana (NTP). (2014). Agregados. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto. <https://n9.cl/m1wwt>
17. NTE INEN 3066. (2016). Universidad Central del Ecuador. <https://n9.cl/0cff>
18. NTE INEN 3066. (2016). Bloques de hormigón requisitos y métodos de ensayo, guías, proyectos, investigaciones de materiales y sistemas constructivos. <https://n9.cl/a3txc>
19. Pérez, J., & Merino, M. (2020). Definición de hormigón. <https://definicion.de/hormigon/>
20. Robles, F. (2016). Tipos de materiales. El ripio en construcción. <https://n9.cl/78r9g>
21. Rocas y minerales. (2018). Cemento. <https://www.rocasym minerales.net/cemento/>
22. Supermix. (2018). Agregados para la elaboración de concreto. <https://n9.cl/44m8>
23. Troyano, M. (2019). Propiedades del hormigón. <https://n9.cl/5mga1>
24. Universidad Laica Vicente Rocafuerte. (2019). Reglamento de titulación. <https://n9.cl/cbb6>
25. Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil (2020). Descripción de proyecto de investigación. <https://n9.cl/6nuu3>