



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS Y DIFERENCIACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN Y LAS
PROPIEDADES MECÁNICAS DE FLEXIÓN Y COMPRESIÓN PARA UN
HORMIGÓN DE 21 Y 28 MPA CON AGREGADOS PÉTREOS DE RÍO Y MONTAÑA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero e Ingeniera Civil

AUTORES: Fernando José Cabrera Castro
Patricia Carolina Encarnación Loor

TUTOR: Byron Iván Altamirano León

Quito - Ecuador
2023

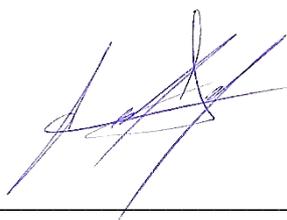
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Fernando José Cabrera Castro con documento de identificación N° 2200224968 y Patricia Carolina Encarnación Loor con documento de identificación N° 1724477318; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 03 de febrero del 2023

Atentamente,



Fernando José Cabrera Castro
2200224968



Patricia Carolina Encarnación Loor
1724477318

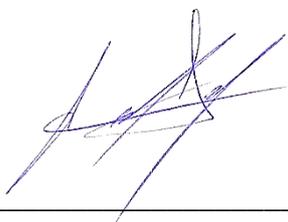
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Fernando José Cabrera Castro con documento de identificación N° 2200224968 y Patricia Carolina Encarnación Loor con documento de identificación N° 1724477318; expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Artículo Académico: “Análisis y diferenciación de la caracterización y las propiedades mecánicas de flexión y compresión para un Hormigón de 21 y 28 MPa con Agregados Pétreos de Río y Montaña”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero e Ingeniera Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 03 de febrero del 2023

Atentamente,



Fernando José Cabrera Castro

2200224968



Patricia Carolina Encarnación Loor

1724477318

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Byron Iván Altamirano León con documento de identificación N° 1709301590, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ANÁLISIS Y DIFERENCIACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN Y LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE FLEXIÓN Y COMPRESIÓN PARA UN HORMIGÓN DE 21 Y 28 MPA CON AGREGADOS PÉTREOS DE RÍO Y MONTAÑA, realizado por Fernando José Cabrera Castro con documento de identificación N° 2200224968 y por Patricia Carolina Encarnación Loor con documento de identificación N° 1724477318, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 03 de febrero del 2023

Atentamente,



Ing. Byron Iván Altamirano León, MSc.

1709301590

ANÁLISIS Y DIFERENCIACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN Y LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE FLEXIÓN Y COMPRESIÓN PARA UN HORMIGÓN DE 21 Y 28 MPA CON AGREGADOS PÉTREOS DE RÍO Y MONTAÑA

ANALYSIS AND DIFFERENTIATION OF THE CHARACTERIZATION AND MECHANICAL PROPERTIES OF FLEXURE AND COMPRESSION FOR A 21 AND 28 MPA CONCRETE WITH RIVER AND MOUNTAIN STONE AGGREGATES

Fernando Cabrera-Castro ¹, Carolina Encarnación-Loor ²

Resumen

El presente artículo está basado en la investigación de agregados pétreos de diferentes orígenes. La caracterización física y mecánica de los agregados pétreos influyen de manera significativa en la construcción de obras civiles por tal motivo se ha decidido desarrollar esta investigación que profundiza temas que se encuentran relacionados entre sí. La metodología de esta investigación es experimental y se desarrolló a través de distintos ensayos que fueron realizados en laboratorio para determinar las características físicas como: granulometría, densidad, peso específico, masa unitaria, porcentaje de vacíos, abrasión, humedad y contenido orgánico; estos ensayos fueron realizados tanto como en los agregados finos y agregados gruesos según correspondan para materiales provenientes de río y poder diferenciarlos con las características físicas de los materiales provenientes de montaña, a través de estos resultados se logró determinar una dosificación para un hormigón de 21 y 28 MPA y así poder caracterizar las propiedades mecánicas de cada material como son: resistencia a la compresión, módulo de elasticidad y flexión. Los resultados de este artículo serán expuestos a lo largo de este documento.

Palabras Clave: agregados de río, agregados de montaña, compresión, flexión, hormigón.

Abstract

This article is based on the investigation of stone aggregates of different origins. The physical and mechanical characterization of the stone aggregates significantly influence the construction of civil works, for this reason it has been decided to develop this research that deepens issues that are related to each other. The methodology of this research is experimental and was developed through different tests that were carried out in the laboratory to determine the physical characteristics such as: granulometry, density, specific weight, unit mass, percentage of voids, abrasion, humidity and organic content; These tests were carried out as well as in the fine aggregates and coarse aggregates as appropriate for materials from rivers and to be able to differentiate them with the physical characteristics of materials from mountains. Through these results it was possible to determine a dosage for a concrete of 21 and 28 MPA and thus be able to characterize the mechanical properties of each material such as: resistance to compression, modulus of elasticity and flexion. The results of this article will be exposed throughout this document.

Keywords: river aggregates, mountain aggregates, compression, bending, concrete.

¹ Estudiante de la carrera de ingeniería civil – Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito – Ecuador

² Estudiante de la carrera de ingeniería civil – Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito – Ecuador

Autor para correspondencia: pencarnacion@est.ups.edu.ec, fcabrerc2@est.ups.edu.ec

1. Introducción

En Ecuador el uso de agregados es indispensable para realizar cualquier tipo de obra civil donde se requiera de hormigones, es por ello que nuestro territorio ecuatoriano al ser un país muy diverso en ríos y montañas nos permite tener distintas fuentes de extracción de agregados pétreos.

Los agregados minerales o áridos son materiales de composición mineral, natural o artificial, generalmente inertes, utilizados en la construcción de obras civiles. Ocupan aproximadamente del 70 a 80 % del volumen del concreto y es por eso que tienen una gran influencia en las propiedades en estado fresco y endurecido [1].

Los agregados finos y gruesos que son provenientes de una fuente montañosa o de río, dependiendo su origen presentan pequeñas características físicas que los diferencian entre sí, estas características influyen en la dosificación de un hormigón el cual nos permite determinar sus propiedades mecánicas, es por ello que es indispensable tener conocimiento sobre el origen del material y la calidad que presenta.

En el campo de la construcción civil se ha podido evidenciar que muchas veces estas características que desarrollan los diferentes agregados, en su gran mayoría no son tomadas en cuenta, lo que presenta grandes problemas a futuro frente a situaciones que ponen en riesgo las estructuras por un mal manejo en el diseño de sus hormigones, sin tomar en cuenta las diferentes características que pueden aportar los agregados según su origen.

La necesidad de contar con un concreto de calidad hace indispensable conocer a detalle sus componentes, ya que tanto la resistencia como la durabilidad dependen de las propiedades físicas y químicas de ellos, especialmente de los agregados.

Sin embargo, uno de los problemas que generalmente encuentran los ingenieros y los constructores al emplear el concreto, es la poca verificación de las propiedades de los agregados pétreos que utilizan, lo que propicia con cierta frecuencia resultados diferentes a los esperados [2].

Por esta razón el presente artículo tiene como objetivo obtener las diferentes características físicas y propiedades mecánicas que presentan los agregados pétreos provenientes de montaña y de río con el fin de analizar y diferenciar estos agregados de acuerdo a su fuente de extracción.

Todo este análisis será realizado a través de la elaboración de diferentes ensayos establecidos por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) los cuales se ven resumidos en la tabla 1.

Tabla 1: Ensayos de laboratorio

	Ensayos	Norma
1	Granulometría	NTE INEN 696 / ASTM C33
2	Densidad y absorción	NTE INEN 857
3	Masa unitaria y porcentaje de vacíos	NTE INEN 858
4	Abrasión	NTE INEN 860-861
5	Contenido orgánico	NTE INEN 855
6	Contenido de humedad	NTE INEN 862
7	Elaboración de hormigones	NTE INEN 694
8	Determinación del asentamiento	NTE INEN 1578
9	Resistencia a la compresión	NTE INEN 1573
10	Módulo de elasticidad estático	ASTM C469

2. Materiales y Métodos

2.1. Materiales

Para realizar el análisis y la diferenciación de los materiales del presente artículo se utilizaron agregados provenientes de montaña y río. Un hormigón está elaborado por la unión de distintos materiales como: ripio, arena, agua y cemento. Materiales los cuales aportan distintas propiedades al mismo.

Los áridos utilizados en la construcción de estructuras de hormigón armado como señala la NEC-SE-HM deben cumplir con la especificación NTE INEN 872, resumiéndose su aceptación en tener una distribución granulométrica uniforme; ser limpio, duro, sano y durable [3].

2.1.1. Agregado Grueso

Agregado grueso proveniente de montaña: andesita, material color marrón, tamaño $\frac{3}{4}$ de pulgada, forma angular, áspero a simple vista y bastante húmedo, extraído de Pifo- Ecuador. Ver figura 1.



Figura 1. Agregado grueso de montaña.

Agregado grueso proveniente de río: canto rodado, material color azulejo, tamaño $\frac{3}{4}$ de pulgada, forma angular, áspero a simple vista y poco húmedo, extraído de San Sebastián del Coca. Ver figura 2.



Figura 2. Agregado grueso de río.

2.1.2. Agregado Fino

Agregado fino proveniente de montaña: andesita, arena no lavada procesada, color marrón, áspero a simple vista y bastante húmedo, extraído de Pifo- Ecuador. Ver figura 3.



Figura 3. Agregado fino de montaña.

Agregado fino proveniente de río: canto rodado, arena lavada natural, color negro/azulejo, partículas sueltas a simple vista y humedad moderada. Ver figura 4.



Figura 4. Agregado fino de río.

2.3 2.1.3. Cemento Portland

Tipo 1 Cemento Portland GU. Se fabrica generalmente a partir de materiales minerales calcáreos, tales como caliza, alúmina y sílice, que se encuentran como arcilla en la naturaleza [4].

2.2. Ensayos para los agregados finos y gruesos

Se realizaron diferentes ensayos en el laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana en el campus Sur de la ciudad de Quito, los cuales permitieron determinar las diferentes características físicas como: granulometría [5], densidad y absorción [6], masa unitaria y porcentaje de vacíos [7], abrasión [8], contenido orgánico [9], contenido de humedad [10].

Luego de determinar las características físicas de los agregados a través de los ensayos ya mencionados se procedió a realizar una dosificación la cual nos permitió determinar las propiedades mecánicas del hormigón como: Resistencia a la compresión [11], módulo de elasticidad [12], resistencia a la flexión [13].

Se adopto el método A.C.I para realizar las diferentes dosificaciones de hormigón con resistencias de 21 y 28 MPa, hormigones que fueron diseñado con agregados de distinto origen como menciona el presente artículo: agregados con procedencia de montaña y agregados con procedencia de río. Utilizamos este método de diseño de mezclas por que considera el módulo de finura de los agregados en el desarrollo el cual realiza de forma eficaz la distribución de los materiales que conforman el hormigón utilizando un sistema de tablas.

Este diseño fue realizado con datos reales sin hacer algún tipo de modificación para realizar la diferenciación y análisis de los materiales de diferente origen.

2.3. Diseño de la dosificación

El método A.C.I. es un método de dosificación para el diseño de mezclas de hormigón; se basa en medir los materiales (cemento, agua, grava y arena) en peso y volumen, y se diseña tanto para una mezcla en estado fresco como endurecido a través de tablas. La norma que rige los diseños de mezclas de concreto es la A.C.I 211.1 que, a su vez, está se basa en la norma ASTM C33, donde se hace referencia a las especificaciones granulométricas [14].

Es importante detallar que a pesar de que la granulometría no cumplía los estándares de calidad en algunos casos, se procedió a realizar el diseño de hormigón sin hacer algún tipo de modificación en la curva granulométrica como antes ya se mencionó.

Luego haber diseñado la dosificación con el resultado de las características físicas se procedió a realizar el hormigón, para este proceso se realizaron los pesajes correspondientes del agregado fino y grueso, cemento y agua. Se mezcla estos materiales con ayuda de una concretera mecánica con capacidad de 1 saco y medio donde se obtuvo una mezcla uniforme para realizar un hormigón el cual tiene como objetivo poseer características de trabajabilidad, durabilidad y resistencia a los 28 días la cual fue diseñada para un hormigón de 21 y 28 MPa usando agregados con diferentes orígenes.

Se realizaron 12 probetas de hormigón cilíndricas: para el material proveniente de río se tomaron 3 probetas para una resistencia de 21 MPa y 3 probetas para una resistencia de 28 MPa, de la misma manera con el material proveniente de origen montañoso, para realizar ensayos de compresión.

Así mismo se realizaron 12 probetas de hormigón rectangulares: para el material de río se tomaron 3 probetas para una resistencia de 21 MPa y 3 probetas para una resistencia de 28 MPa, de la misma para el material proveniente de origen montañoso, para realizar ensayos de flexión.

3. Resultados y Discusión

En este apartado se presentará los resultados obtenidos después de realizar los ensayos indicados de acuerdo a cada material para realizar un análisis comparativo el cual nos permite identificar las características propias de cada material.

3.1. Resultados de la caracterización de los agregados de río

Los resultados obtenidos luego de realizar los ensayos correspondientes a cada material según su origen son satisfactorios ya que se puede llegar a determinar diferentes cualidades de cada uno. Estos resultados se ven resumidos en la tabla 2 y 3.

Tabla 2: Resultados de la caracterización de agregado grueso

Origen	Montaña	Río
Densidad (kg/m ³)	2609.00	2690.00
Absorción (%)	2.7	1.8
Abrasión (%)	27	24
Masa unitaria suelta (kg/m ³)	1303.00	1290.00
Masa unitaria compacta (kg/m ³)	1482.00	1390.00
Contenido de humedad (%)	2.86	0.47

Tabla 3: Resultados de la caracterización de agregado fino

Origen	Montaña	Río
Densidad (kg/m ³)	2552.00	2780.00
Absorción (%)	4.2	0.4
Masa unitaria suelta (kg/m ³)	1519.00	1470.00
Masa unitaria compacta (kg/m ³)	1744.00	1470.00
Contenido de Humedad (%)	5.33	4.40
Color estándar	2	1
Módulo de finura	3.03	1.75

Con estos resultados se puede apreciar que existe una diferencia en las características de los agregados de acuerdo a la procedencia de estos.

Para el agregado grueso podemos ver que el material de río es más denso a comparación del material de montaña, por ende, el material de río presenta menor abrasión y menor absorción que el de montaña.

También se puede apreciar que la masa unitaria suelta y compacta fue mayor la de montaña a comparación de la de río.

Para el agregado fino de igual manera podemos ver que el material de río es más denso que el material de montaña, por ende, el material tiene menor absorción que el de montaña, para el color estándar que nos permite ver el contenido orgánico, es evidente que la arena de río al ser una arena lavada no presenta alto contenido orgánico a diferencia del material de montaña.

Así mismo como en el agregado grueso las arenas tuvieron resultados similares para las masas unitarias tanto compactadas como sueltas.

Respecto a la granulometría las curvas obtenidas se presentan en las figuras 5,6,7 y 8.

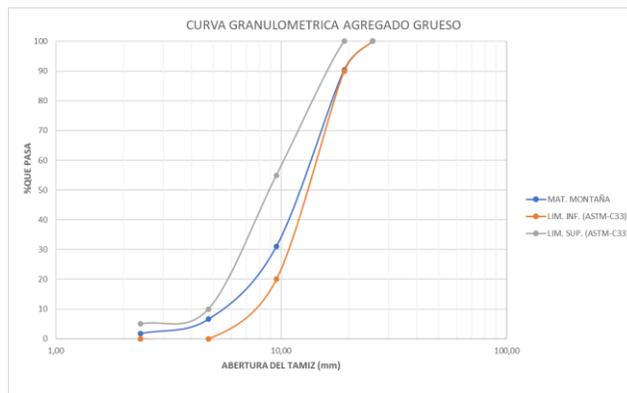


Figura 5. Curva granulométrica agregado grueso de montaña.



Figura 6. Curva granulométrica agregado grueso de río.

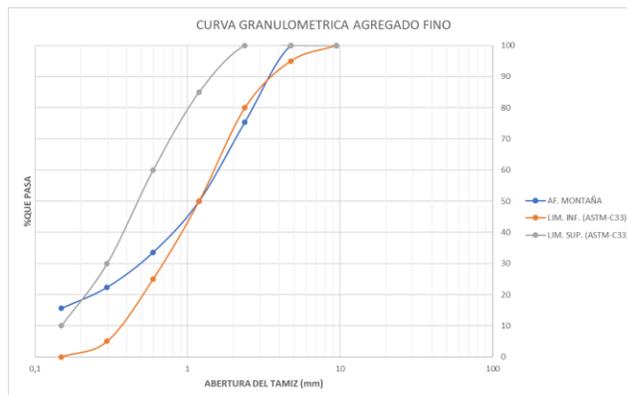


Figura 7. Curva granulométrica agregado fino de montaña.

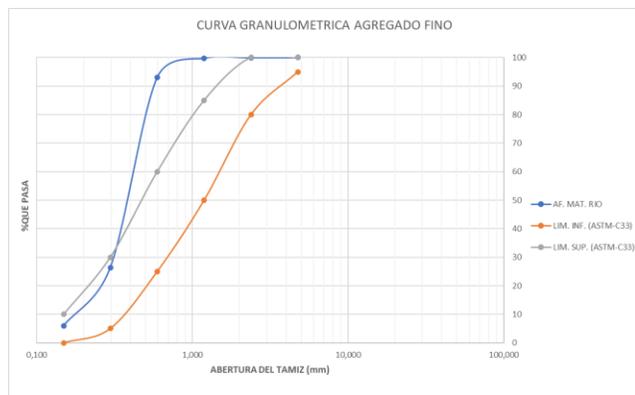


Figura 8. Curva granulométrica agregado de río.

La curva granulométrica del agregado grueso de ambos tipos de orígenes está dentro de los límites superiores e inferiores de la ASTM-C33 que determinan la calidad del material, el agregado fino de montaña presenta en la curva granulométrica que esta se encuentra dentro de los límites, a diferencia del material de río que presenta un comportamiento diferente, esta arena pasa el límite superior.

El módulo de finura de los agregados finos nos indicó que el material de montaña es más grueso que el de río considerablemente, pues desde ya teníamos presente que la arena natural de río era de mala calidad a comparación de la arena procesada de montaña.

Por esta razón era indispensable que al momento de diseñar un hormigón empleemos un método que tome en cuenta el módulo de finura de forma mas detallada.

A partir de estos resultados obtenidos por medio de ensayos a los diferentes materiales se procedió a diseñar según el A.C.I distintos hormigones para diferentes dosificaciones para un m³ como se observa en las tablas 4,5,6 y 7.

Tabla 4: Dosificación de 21 MPa, material de río

Materiales	1 m ³
Agua (lt)	186.58
Cemento (kg)	367.12
Ripio ¾ (kg)	1012.49
Arena (kg)	797.11

Tabla 5: Dosificación de 21 MPa, material de montaña

Materiales	1 m ³
Agua (lt)	194.12
Cemento (kg)	367.12
Ripio ¾ (kg)	910.06
Arena (kg)	833.71

Tabla 6: Dosificación de 28 MPa, material de río

Materiales	1 m ³
Agua (lt)	189.48
Cemento (kg)	439.91
Ripio ¾ (kg)	1012.49
Arena (kg)	724.76

Tabla 7: Dosificación de 28 MPa, material de montaña

Materiales	1 m ³
Agua (lt)	194.88
Cemento (kg)	439.91
Ripio ¾ (kg)	910.06
Arena (kg)	766.70

3.2. Resultados de la resistencia a la compresión

Se define como la máxima resistencia de medida a un espécimen de concreto o de mortero a carga axial a una edad de 28 días. Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm²) S.I. se le designa con el símbolo f'c. Para determinar la resistencia a la compresión, se realizan pruebas de especímenes de mortero o de concreto, a menos de que se especifique de otra manera, los ensayos a compresión de mortero se realizan sobre cubos de 5 cm. En tanto que los ensayos a compresión del concreto se efectúan sobre cilindros que miden 15 cm de diámetro y 30 cm de altura [15].

Los resultados obtenidos luego de realizar el ensayo de ruptura de los especímenes que nos permite determinar la resistencia a la compresión para 14, 21 y 28 días se presentan en la figura 9 para 21 MPa y la figura 10 para 28 MPa.

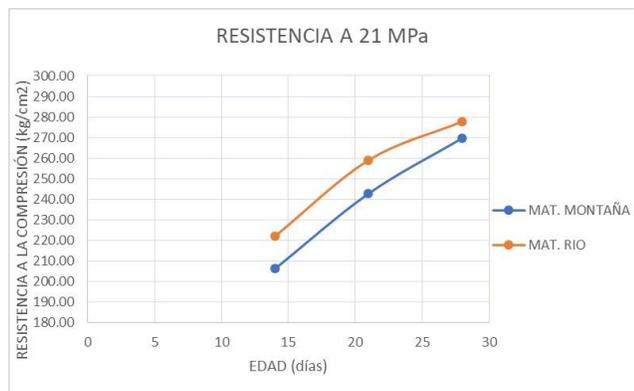


Figura 9. Resistencia a la compresión para 21MPa.

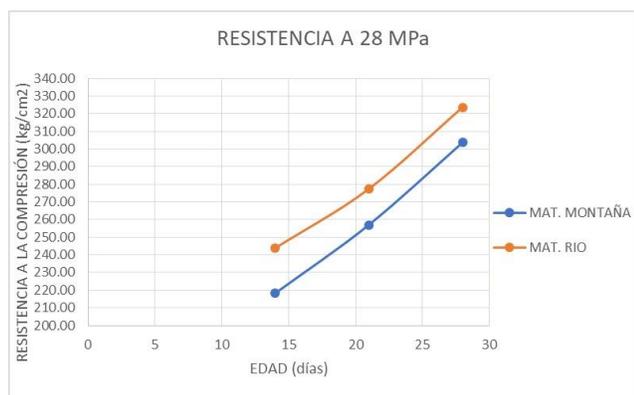


Figura 10. Resistencia a la compresión para 28 MPa.

El diseño indico resultados diferentes en cuanto a los materiales que se emplearon para la mezcla, pues de manera independiente se vio que las resistencias variaban de forma significativa de acuerdo al origen debido a que los agregados presentaban características diferentes esto influyendo significativamente en sus propiedades mecánicas.

Se puede evidenciar que el hormigón con material de río presenta mayor resistencia a la compresión en comparación al hormigón con material de montaña, tomando en cuenta que se empleó el mismo método de diseño para ambos tipos de materiales, tanto como para 21 MPa y 28 MPa el comportamiento es similar.

Por esta razón es importante indicar que las características que presentan los agregados a la mezcla del hormigón, afectan de manera directa a las cantidades de los materiales que se van a usar para la dosificación y así mismo tienen gran influencia en las propiedades que va a tener la mezcla en estado endurecido.

3.3. Resultados del módulo de elasticidad

A partir de la resistencia a la compresión obtenida tras la ruptura de las probetas de hormigón obtuvimos el módulo de elasticidad correspondiente a cada hormigón diseñado. El módulo de elasticidad es la propiedad mecánica que tiene el hormigón para deformarse elásticamente. Los resultados obtenidos se encuentran resumido en la tabla 8.

Tabla 8: Modulo de elasticidad

$f'c$	Montaña E (kg/cm ²)	Río E (kg/cm ²)
21 MPa	247995.148	251674.921
28 MPa	263152.562	271645.181

Como se puede apreciar el módulo de elasticidad del hormigón fabricado con material de río es superior al modulo de elasticidad fabricado con material de montaña, para 21 y 28 MPa.

Los resultados son valores que se adaptan a las recomendaciones de la ASTM C469 que nos dice que los rangos del módulo de elasticidad de esfuerzos de trabajo acostumbrados son del 0 al 40% de la carga ultima.

3.3. Resultados de la resistencia a la flexión

La resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la tracción del concreto. Es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada. Se mide mediante la aplicación de cargas a vigas de concreto de 6 x 6 pulgadas (150 x 150 mm) de sección transversal y con luz de como mínimo tres veces el espesor [16].

Tabla 9: Valores experimentales de resistencia a la Flexión

Dosificación 21 MPa	Montaña Modulo de rotura (kg/cm ²)	Río Modulo de rotura (kg/cm ²)
14 días	45.607	39.491
21 días	50.911	45.737
28 días	63.387	51.225

Tabla 10: Valores experimentales de resistencia a la Flexión

Dosificación 28 MPa	Montaña Modulo de rotura (kg/cm ²)	Río Modulo de rotura (kg/cm ²)
14 días	48.755	44.328
21 días	56.945	48.235
28 días	69.127	60.931

Se realizo una correlación con valores teóricos calculados que se encuentran en las tablas 11 y 12.

Tabla 11: Valores teóricos de resistencia a la Flexión

Dosificación 21 MPa	Montaña Modulo de rotura (kg/cm ²)	Río Modulo de rotura (kg/cm ²)
14 días	38.777	40.232
21 días	42.070	43.456
28 días	44.344	45.001

Tabla 12: Valores teóricos de resistencia a la Flexión

Dosificación 28 MPa	Montaña Modulo de rotura (kg/cm ²)	Río Modulo de rotura (kg/cm ²)
14 días	39.889	42.166
21 días	43.287	44.972
28 días	47.048	48.572

Como se puede observar en los resultados obtenidos el material de montaña tiene mayor modulo de rotura a comparación del material proveniente de rio, incluso el material de montaña que fue diseñado para 21 MPa supera al de rio diseñado para 28 MPa.

Esto puede ser debido a que el material de montaña presenta como agregado fino a un material procesado con partículas de mayor tamaño el cual genera que las partículas se adhieran de mejor manera que la arena natural de rio.

La correlación en la que se compara los valores experimentales con los teóricos esto según recomienda la A.C.I indica que nuestros resultados son satisfactorios ya que superan a los teóricos que eran los esperados.

4. Conclusiones

En base al siguiente proyecto académico de investigación se ha realizado un análisis comparativo en el que se pudo identificar las diferencias entre un agregado con origen de río y de montaña, para distintas dosificaciones donde se puede concluir que las características del material de río por su procedencia presentan cualidades diferentes a las del material de montaña. El agregado grueso presenta mayor resistencia a la abrasión con un 24% de desgaste, es un material mas denso, que presenta menor absorción a comparación del material de montaña, es decir tenemos un agregado con partículas mucho mas duras que el material de procedencia montañosa que presenta un 27% de desgaste. Para el agregado fino las características físicas se comportaron de una manera similar a las del agregado grueso. Cabe recalcar que el material de río tiene menor contenido de impurezas orgánicas con un rango de 1 en la escala a diferencia del material de montaña con un rango de 2, esto debido a que un material al ser de origen montañoso se encuentra más expuesto a la presencia de materia orgánica.

Respecto a la granulometría del agregado grueso presentado por una cantera que trabaja con material de montaña se puede concluir que este tiene mejor distribución de partículas que al momento de realizar un hormigón se ajustan de mejor manera a comparación de la granulometría presentada por una cantera que trabaja con material cuya procedencia es de rio, para el agregado fino se puede concluir que el material de montaña es de mejor calidad a comparación de la arena natural de rio, como se mencionó anteriormente, esto debido a que el material de montaña es un material procesado por una maquina trituradora el cual utiliza tamizados de diferentes tamaños según su requerimiento a diferencia del agregado fino de río el cual no es procesado de ninguna forma, es decir no es una arena artificial.

Respecto a las propiedades mecánicas se puede concluir que en la resistencia a la compresión el hormigón con materiales procedentes de río obtuvo una resistencia a los 28 días de 277.796 kg/cm² superior al hormigón con materiales procedentes de

montaña con una resistencia de 269.732 kg/cm² que fueron diseñados para una dosificación de 210 kg/cm². Para la dosificación de 280 kg/cm² se comporto de manera similar el hormigón.

Cabe mencionar que ambos diseños llegaron a obtener la resistencia para la que fueron diseñados, es decir ambos presentan buenos resultados es esta propiedad mecánica del concreto.

El modulo de elasticidad se ve directamente influenciado por la resistencia a la compresión por lo que también nos lleva a concluir que el hormigón con material de río tiene mayor módulo de elasticidad a comparación del hormigón con material de montaña, es decir presenta mayor deformación elástica en el hormigón el material de río.

Para la resistencia a la flexión se calculo el modulo de rotura donde se puede concluir que en este caso el hormigón con material de montaña es más resistente a flexión que el hormigón con material de río pues este presento un modulo de rotura de 63.387 kg/cm² a los 28 días, a comparación del otro que presento un modulo de rotura de 51.225 a los 28 días para una dosificación de 210 kg/cm². De igual manera el hormigón con materiales de montaña tubo un modulo de rotura superior al de río para la dosificación de 280 kg/cm².

Como recomendación sobre la arena con origen de río al ser una arena considera muy fina la cual no cumple la calidad granulométrica se propone realizar una mezcla 1:1 con agregado de tamaño máximo 3/8 más conocido como polvo de piedra, esto con el fin de convertir a la arena en una arena gruesa para garantizar el cumplimiento de la curva granulométrica.

Finalmente, en el presente articulo se concluye que ambos materiales aportan propiedades excelentes para obtener un buen hormigón, sin embargo, se recomienda utilizar el material que se encuentre más cercano a nuestra obra, sin dejar de lado el realizar un análisis del mismo.

Referencias

- [1] D. Castañeda, «Análisis de la granulometría de la concha de abanico triturada para su uso como agregado en concretos», Universidad de Piura, Perú, 2017.
- [2] R. Ortega, «La calidad de los agregados de tres canteras de la ciudad de Ambato y su influencia en la resistencia del hormigón empleado en la construcción de obras civiles», Universidad técnica de Ambato, Ecuador, 2013.
- [3] J. Ramos, «Determinación de una constante para el cálculo del módulo de elasticidad estático del hormigón con agregados de las minas Gadmf: La Conde, Guayusa y Punino 2, del cantón Francisco de Orellana, provincia de Orellana», Universidad Técnica De Ambato, Ambato, 2019.
- [4] A. Molina, «Evaluación de morteros para albañilería y revestimientos elaborados a base de cementos mezclados con escorias de horno», Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2006.
- [5] INEN, «Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso», 2011.
- [6] INEN, «Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido grueso», 2010.
- [7] INEN, «Áridos. Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos», 2010.
- [8] INEN, «Áridos. Determinación del valor de la degradación del árido grueso de partículas menores a 37,5 mm mediante el uso de la máquina de los ángeles», 2011.
- [9] INEN, «Áridos. Determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino para hormigón», 2010.
- [10] INEN, «Áridos para hormigón. Determinación del contenido total de humedad», 2011.

- [11] INEN, «Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico», 2010.
- [12] NTC, «Ensayo para determinar el módulo de elasticidad estático y la relación de Poisson en concreto a compresión», 2006.
- [13] INEN, «Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la flexión del hormigón. (utilizando una viga simple con carga en los tercios)», 2011.
- [14] A. Romero y J. Hernández, «Diseño de mezclas de hormigón por el método A.C.I y efectos de la adición de cenizas volantes de termotasajero en la resistencia a la compresión», Universidad Santo Tomás, Colombia, 2014.
- [15] J. Sanchez, «La resistencia a la compresión del hormigón y su influencia en el módulo de elasticidad estático en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua», Universidad Técnica de Ambato, 2013.
- [16] NRMCA, «CIP 16 Resistencia a Flexión del concreto».