



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA**

**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

**Influencia de distintos tipos de arena en respuesta a ensayos de resistencia a la compresión del hormigón.**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:**

**INGENIERO CIVIL**

**Nombre de las autoras del trabajo:**

**JENNY ALVAREZ LEMA**

**CAMILA CAÑIZARES IZQUIERDO**

**Nombre del director del trabajo:**

**VLADIMIR CARRASCO**

**CUENCA, ECUADOR**

**2023**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	viii
RESUMEN: .....	ix
ABSTRACT:.....	ix
INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVOS .....	3
Objetivo general.....	3
Objetivos Específicos.....	3
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO REFERENCIAL .....	4
1.1. Antecedentes.....	4
1.2. Hormigón.....	6
1.2.1. Dosificación del hormigón.....	7
1.2.2. Curado del hormigón.....	7
1.3. Elementos del Hormigón .....	8
1.3.1. Cemento .....	8
1.3.2. Agregados.....	8

1.3.3. Agua .....	9
1.4. Resistencia a la Compresión Del Hormigón.....	10
1.4.1. Cumplimiento de los Requisitos de Resistencia a Compresión del Hormigón	
10	
1.5. Características de los Agregados.....	11
1.5.1. Granulometría.....	11
1.5.2. Materia orgánica.....	14
1.5.3. Forma de las Partículas .....	14
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA .....	16
CAPÍTULO III: DESARROLLO .....	17
3.1. Obtención de muestras.....	17
3.1.1. Descripción del árido grueso utilizado .....	17
3.2. Análisis Granulométrico de las Muestras de Arena .....	17
3.2.1. Análisis granulométrico de las arenas.....	18
3.2.2. Curvas granulométricas de los áridos finos .....	22
3.3. Análisis de la Geometría de las Partículas.....	24
3.4. Análisis de la Presencia de Materia Orgánica .....	25
3.5. Elaboración de testigos de hormigón.....	27
3.6. Proceso de curado .....	33
3.7. Pruebas de compresión .....	34

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	37
4.1.    Análisis Granulométrico.....	37
4.2.    Análisis de la geometría de las partículas.....	41
4.3.    Análisis de Contenido de Materia Orgánica.....	44
4.4.    Resistencia a la Compresión.....	45
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	48
BIBLIOGRAFÍA .....	50
ANEXOS .....	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> <i>Ejemplo de curva obtenida en los ensayos comparada con los requisitos especificados.</i> .....	13
<b>Figura 3.1</b> <i>Proceso de secado de arenas en el horno.</i> .....	18
<b>Figura 3.2</b> <i>Peso seco inicial de las muestras de 2000 gr.</i> .....	19
<b>Figura 3.3</b> <i>Tamices normados ordenados de forma descendente.</i> .....	20
<b>Figura 3.4</b> <i>Conjunto de tamices colocado en el agitador mecánico.</i> .....	20
<b>Figura 3.5</b> <i>Distribución granulométrica de la arena tipo 1 (Santa Isabel).</i> .....	21
<b>Figura 3.6</b> <i>Distribución granulométrica de la arena tipo 2 (Paute).</i> .....	21
<b>Figura 3.7</b> <i>Distribución granulométrica de la arena tipo 3 (Roca Triturada de Paute).</i>	21
<b>Figura 3.8</b> <i>Distribución granulométrica de la arena tipo 4 (Río Upano).</i> .....	22
<b>Figura 3.9</b> <i>Distribución granulométrica de la arena tipo 5 (Río Burgay).</i> .....	22
<b>Figura 3.10</b> <i>Curvas granulométricas de los cinco tipos de arena analizados comparados con los límites establecidos por la Norma INEN 872.</i> .....	23
<b>Figura 3.11</b> <i>Curva Granulométrica del árido grueso utilizado.</i> .....	23
<b>Figura 3.12</b> <i>Muestras de arena en placas de vidrio.</i> .....	24
<b>Figura 3.13</b> <i>Observación de geometría de las partículas de arena en un microscopio.</i> .	24
<b>Figura 3.14</b> <i>130ml de arena seca en botella de plástico graduada.</i> .....	25
<b>Figura 3.15</b> <i>Proceso de agregar solución en la botella de plástico.</i> .....	26
<b>Figura 3.16</b> <i>Inicio de reposo de 24 horas posterior a agitar.</i> .....	26
<b>Figura 3.17</b> <i>Patrón de referencia empleado con el propósito de cuantificar la cantidad de materia orgánica presente en las muestras de arena.</i> .....	27
<b>Figura 3.18</b> <i>Aplicación de Diésel en moldes.</i> .....	28

<b>Figura 3.19</b> <i>Proceso de pesado en balanza de componentes: 60 kg de ripio</i> .....	28
<b>Figura 3.20</b> <i>Proceso de pesado en balanza de componentes: 40 kg de cada tipo de arena.</i> .....	29
<b>Figura 3.21</b> <i>Proceso de pesado en balanza de componentes: 20 kg de cemento Holcim (HE)</i> .....	29
<b>Figura 3.22</b> <i>Proceso de pesado en balanza de componentes: 10 kg de agua potable.</i> ....	30
<b>Figura 3.23</b> <i>Proceso de mezclado de materiales en concretera.</i> .....	30
<b>Figura 3.24</b> <i>Golpes con martillo de goma en las caras laterales del molde para eliminar exceso de aire.</i> .....	31
<b>Figura 3.25</b> <i>Golpes con varilla en la mezcla para eliminar el exceso de aire.</i> .....	31
<b>Figura 3.26</b> <i>Proceso de lavado de concretera.</i> .....	32
<b>Figura 3.27</b> <i>Inicio del endurecimiento de las 30 muestras de hormigón.</i> .....	32
<b>Figura 3.28</b> <i>Proceso de extracción de moldes.</i> .....	33
<b>Figura 3.29</b> <i>Proceso de curado de probetas de hormigón.</i> .....	34
<b>Figura 3.30</b> <i>Colocación de probetas en la prensa para la prueba a compresión.</i> .....	35
<b>Figura 3.31</b> <i>Ejemplo de resultado de la prueba a compresión de la probeta de hormigón con arena triturada realizada a 2 días de elaborada la mezcla.</i> .....	36
<b>Figura 4.1</b> <i>Curva Granulométrica del árido proveniente de Santa Isabel comparada con los límites de la norma INEN 872.</i> .....	37
<b>Figura 4.2</b> <i>Curva Granulométrica del árido proveniente de Paute comparada con los límites de la norma INEN 872.</i> .....	38
<b>Figura 4.3</b> <i>Curva Granulométrica del árido proveniente de la roca triturada de Paute comparada con los límites de la norma INEN 872.</i> .....	38

<b>Figura 4.4</b> <i>Curva Granulométrica del árido proveniente del Río Upano comparada con los límites de la norma INEN 872.</i> .....	39
<b>Figura 4.5</b> <i>Curva Granulométrica del árido proveniente del Río Burgay comparada con los límites de la norma INEN 872.</i> .....	39
<b>Figura 4.6</b> <i>Geometría de partículas en microscopio: Santa Isabel.</i> .....	41
<b>Figura 4.7</b> <i>Geometría de partículas en microscopio: Paute.</i> .....	41
<b>Figura 4.8</b> <i>Geometría de partículas en microscopio: Arena de roca triturada de Paute.</i> .....	42
<b>Figura 4.9</b> <i>Geometría de partículas en microscopio: Río Upano.</i> .....	42
<b>Figura 4.10</b> <i>Geometría de partículas en microscopio: Río Burgay.</i> .....	43
<b>Figura 4.11</b> <i>Comparación de colores con el elemento patrón: Santa Isabel, Paute y Arena triturada de Paute ordenadas respectivamente.</i> .....	44
<b>Figura 4.12</b> <i>Comparación de colores con el elemento patrón: Río Upano y Río Burgay ordenadas respectivamente.</i> .....	44
<b>Figura 4.13</b> <i>Curvas de crecimiento de cada tipo de hormigón en el tiempo</i> .....	47

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1.1</b> <i>Límites granulométricos de Agregados para Algunas Aplicaciones.</i> .....	12
<b>Tabla 1.2</b> <i>Requerimiento de granulometría del agregado fino para el concreto. ASTM C-33</i> .....	13
<b>Tabla 3.1</b> <i>Características del Agregado grueso.</i> .....	17
<b>Tabla 4.1</b> <i>Material Pasante del Tamiz #200.</i> .....	40
<b>Tabla 4.2</b> <i>Valores medios de resistencia a compresión obtenidos para cada muestra de hormigón en cada punto de tiempo de fractura.</i> .....	46

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> <i>Rotura de hormigón tipo 1 (Santa Isabel). Periodo: 2 días.....</i>	53
<b>Anexo 2</b> <i>Rotura de hormigón tipo 2 (Paute). Periodo: 2 días. ....</i>	54
<b>Anexo 3</b> <i>Rotura de hormigón tipo 3 (Roca Triturada de Paute). Periodo: 2 días.....</i>	55
<b>Anexo 4</b> <i>Rotura de hormigón tipo 4 (Río Upano). Periodo: 2 días. ....</i>	56
<b>Anexo 5</b> <i>Rotura de hormigón tipo (Río Burgay). Periodo: 2 días. ....</i>	57
<b>Anexo 6</b> <i>Rotura de hormigón tipo 1 (Santa Isabel). Periodo: 7 días.....</i>	58
<b>Anexo 7</b> <i>Rotura de hormigón tipo 2 (Paute). Periodo: 7 días. ....</i>	59
<b>Anexo 8</b> <i>Rotura de hormigón tipo 3 (Roca Triturada de Paute). Periodo: 7 días.....</i>	60
<b>Anexo 9</b> <i>Rotura de hormigón tipo 4 (Río Upano). Periodo: 7 días. ....</i>	61
<b>Anexo 10</b> <i>Rotura de hormigón tipo 5 (Río Burgay). Periodo: 7 días. ....</i>	62
<b>Anexo 11</b> <i>Rotura de hormigón tipo 1 (Santa Isabel). Periodo: 28 días.....</i>	63
<b>Anexo 12</b> <i>Rotura de hormigón tipo 2 (Paute). Periodo: 28 días. ....</i>	64
<b>Anexo 13</b> <i>Rotura de hormigón tipo 3 (Roca Triturada de Paute). Periodo: 28 días.....</i>	65
<b>Anexo 14</b> <i>Rotura de hormigón tipo 4 (Río Upano). Periodo: 28 días. ....</i>	66
<b>Anexo 15</b> <i>Rotura de hormigón tipo 5 (Río Burgay). Periodo: 28 días. ....</i>	67
<b>Anexo 16</b> <i>Análisis Granulométrico de la arena de Santa Isabel .....</i>	68
<b>Anexo 17</b> <i>Análisis Granulométrico de la arena de Paute.....</i>	69
<b>Anexo 18</b> <i>Análisis Granulométrico de la arena de Roca Triturada de Paute .....</i>	70
<b>Anexo 19</b> <i>Análisis Granulométrico de la arena del Río Upano .....</i>	71
<b>Anexo 20</b> <i>Análisis Granulométrico de la arena del Río Burgay.....</i>	72
<b>Anexo 21</b> <i>Análisis granulométrico del árido grueso .....</i>	73



### **RESUMEN:**

En el transcurso de este proyecto de investigación se realiza un análisis en el sur del Ecuador de las arenas: Santa Isabel, Paute, roca triturada de Paute, río Upano y río Burgay, con el fin de identificar que propiedades del árido fino resultan más favorables para la resistencia a compresión del hormigón. La investigación se basa en el análisis de la forma de las partículas, granulometría y contenido de materia orgánica, posteriormente, se elaboran cilindros de hormigón cuya única variante es el árido fino con el fin de estimar la resistencia a compresión para comparar los resultados de cada muestra.

**Palabras clave:** Arena, Compresión, Granulometría, Hormigón, Áridos.

### **ABSTRACT:**

During this investigation project in the south region of Ecuador different sands will be analyzed: Santa Isabel, Paute, crushed rock from Paute, Upano and Burgay river, the final purpose is to identify which properties from the fine aggregate improve concrete compression resistance. This investigation is based on the analysis of particle shape, granulometry and the content of organic matter, subsequently, concrete cylinders are made considering the fine aggregate as the only variant to estimate concrete compression resistance and compare every sample result.

**Keywords:**Aggregates., Compression, Concrete, Granulometry, Sand



Este certificado se encuentra en el repositorio digital de la Universidad del Azuay, para verificar su autenticidad escanee el código QR

Este certificado consta de: 1 página

## INTRODUCCIÓN

El material más utilizado en las obras civiles es el concreto que requiere de cuatro materiales para su elaboración: agua, ripio, cemento y arena; esto forma una mezcla heterogénea compuesta de áridos finos y gruesos que se mezclan con agua en una dosificación determinada para obtener propiedades óptimas. Las características de la arena varían en función de su lugar de procedencia, por lo que se busca determinar qué tipo de arena proporciona el hormigón de mejor calidad, es decir, que presente una mayor resistencia a la compresión, entonces se plantea: ¿Qué propiedades diferencian a cada tipo de arena? En base a las variaciones de las características de los diferentes áridos finos se plantea la siguiente interrogante de investigación: ¿Cuál es la influencia en la resistencia a compresión del hormigón de cada tipo de arena?

No existe información a nivel local respecto a la influencia de la arena, ni a las características físicas que determinan dicho efecto en la capacidad resistente a la compresión del concreto, teniendo generalmente los constructores decidir que opción de árido adquirir en función de conocimientos fundamentados en experiencias propias o de terceros, más no basados en datos comprobados que justifiquen la elección de un elemento tan importante como la arena dentro de la combinación junto al hormigón, por lo que resulta indispensable no solo resolver qué características diferencian una arena de otra, sino también el grado de influencia de este árido sobre la resistencia mecánica de la mezcla.

Surge la necesidad de encontrar un tipo de arena que se ajuste a los requerimientos del constructor, es decir, que cumpla con las propiedades mecánicas mínimas especificadas en la Norma Ecuatoriana de la Construcción y por las solicitaciones de carga de cada proyecto. Se pretende hacer varias muestras de hormigón, utilizando cinco tipos de arena provenientes de diferentes zonas del país; clasificadas según su ubicación y calidad, tomando en cuenta el

contenido de materia orgánica y granulometría; idealmente, estos materiales se deberían obtener cerca de la localidad de la obra, pero en caso de que las propiedades no sean las requeridas es necesario buscar alternativas, teniendo en cuenta que su precio varía en dependencia de su calidad y lugar de origen de extracción desde donde son transportados.

El objetivo de este estudio consiste en evaluar el impacto de las propiedades de diferentes tipos de arena en las propiedades resistentes a la compresión del hormigón. Se llevará a cabo un análisis exhaustivo mediante la clasificación de suelos y el uso de probetas cilíndricas conforme a la norma ASTM C469. Estas probetas tendrán un diámetro de aproximadamente 150 milímetros, en conjunto con una altura de 300 milímetros, y se someterán a cargas axiales incrementales en condiciones controladas de laboratorio.

El proyecto se centra primordialmente en el estudio de los áridos finos, sin embargo, es importante destacar que las características de los agregados gruesos también influyen significativamente en la composición del concreto. Por lo tanto, sería interesante investigar las características físicas y químicas óptimas de los agregados gruesos, así como su efecto en las cualidades mecánicas del mezclado. En este estudio, se mantendrá constante el árido grueso, el agua (de tipo potable) y, en la medida de lo posible, el cemento. Se utilizará una misma producción de cemento HOLCIM con composición química idéntica para todos los especímenes de hormigón, asegurando que la única variable en todas las pruebas sea el árido fino.

## OBJETIVOS

### Objetivo general

Determinar la influencia de las muestras de arena que proporcionen los resultados más favorables en los ensayos de resistencia a la compresión del hormigón, manteniendo constantes todos sus demás componentes.

### Objetivos Específicos

- Definir la granulometría y el contenido de materia orgánica de los cinco tipos de arena provenientes de diferentes zonas del país.
- Elaborar las mezclas para los testigos de hormigón normados cuya única variante sea el árido fino.
- Determinar la resistencia a la compresión que presenta el hormigón según los distintos tipos de arena usadas en la mezcla.

## CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

### 1.1. Antecedentes

Muciño et al. (2022) llevaron a cabo un estudio donde se analizó la reacción mecánica de las pastas de aglomerante utilizando cinco marcas distintas del Cemento Portland Tipo II 30R. Además, se utilizaron tres tipos de arena: arena caliza, arena de río y arena azul, distribuidas en el estado de México. Las mezclas se prepararon siguiendo una dosificación constante.

Se observó que solo la arena de río cumplió con las especificaciones establecidas en la Norma ASTM C-33 (ASTM, 2018) y mostró los resultados más certeros en las pruebas de capacidad resistente a la compresión. Por otro lado, la arena caliza presentó los menores valores en términos de solidez, debido a que los tamaños de partícula se encontraban excediendo los rangos establecidos por la normativa.

Se demostró que, manteniendo el cemento constante, la resistencia mecánica varía según la arena que se utilice puesto que “las arenas condicionan la ductilidad y la resistencia de la mezcla” (Mehta y Monteiro, 2006). Se concluyó que la granulometría de la arena incide en la resistencia final de la mezcla, es decir, si el agregado cumple con las especificaciones respecto a los rangos de tamaño de partículas establecidas por la norma, empleando relaciones agua- cemento adecuadas, se va a producir una mezcla con propiedades mecánicas adecuadas.

Se toma en cuenta los resultados de la investigación mencionada puesto que este trabajo de titulación tiene un enfoque similar respecto a la aplicación de diferentes áridos finos, manteniendo constante el árido grueso, cemento y agua; para analizar la variación en las capacidades mecánicas de la mezcla, esto se debe a que al tener agregados que cuenten con una granulometría adecuada se obtiene un hormigón con mayor densidad porque existe una mejor

distribución de partículas reduciendo la porosidad de la mezcla, lo cual incrementa las propiedades mecánicas de la mezcla. Cham Yam *et al.* (2003)

Juna (2021) lideró un proyecto con el objetivo de estudiar el impacto de los diferentes factores que componen el hormigón y la interacción entre sus materiales, evaluando su influencia en la resistencia a compresión. Para ello, se realizaron pruebas en probetas cilíndricas de dimensiones 100 mm por 200 mm, aplicando una carga axial. Se analizaron un total de 16 mezclas, considerando las siguientes variables: agua (potable y de río), arena (cantera y río), ripio (cantera y río) y tiempos de curado (7 y 28 días).

Los resultados reflejan que el uso de agua de río, siempre y cuando no esté contaminada, genera un ligero aumento en las propiedades mecánicas del hormigón. Además, se observa que la resistencia y calidad del hormigón se ven mejoradas al utilizar arena de cantera, mientras que la influencia del ripio es de menor escala. En conclusión, el estudio resaltó que los elementos que tienen mayor influencia en las propiedades mecánicas del hormigón son el ripio, la arena y los tiempos de curado, y destaca la importancia de la interacción entre el agua y la arena en la calidad de la mezcla. Las combinaciones que arrojaron mejores resultados fueron: agua de río, ripio de río y arena de cantera (13.920 MPa), así como agua de río, ripio de cantera y arena de cantera (13.793 MPa).

Es fundamental considerar este análisis debido a que demuestra la incidencia de los materiales que constituyen el concreto en su resistencia a compresión, destacando la arena como el factor de mayor incidencia en este resultado. Por tanto, en el proyecto se propone identificar las características específicas de la arena que favorecen las propiedades mecánicas del hormigón, llevando a cabo un análisis similar.

En un estudio realizado por Garzón y Godoy (2019), se investigó la geometría de las partículas del agregado fino con el objetivo de determinar la capacidad resistente del concreto a compresión, fabricados con una dosificación constante, siendo el árido fino la única variable. Se emplearon tres tipos de arena: una muestra consistía en arena de río cribada proveniente de Cochancay, mientras que las dos muestras restantes fueron obtenidas mediante diferentes procesos de trituración de roca Tonalita proveniente de la cantera la Josefina. La primera muestra presentaba partículas laminares, mientras que la segunda mostraba partículas redondeadas. Todas las muestras de arena superaron la resistencia a compresión recomendada. Asimismo, se observó que las muestras de hormigón elaboradas con arena de partículas laminares obtuvieron mejores resultados en comparación con aquellas que contenían partículas redondeadas. Por otro lado, las muestras elaboradas con arena de río mostraron la mayor resistencia entre las tres muestras evaluadas.

Se toman en cuenta los aspectos de análisis de la investigación mencionada puesto que el proyecto tiene un enfoque similar en cuanto a la variación de la capacidad resistente a la compresión del concreto derivado de la forma de las partículas, además, al igual que en este proyecto se utiliza una dosificación constante donde la única variante es el árido fino.

## **1.2. Hormigón**

El hormigón, también conocido como concreto, es un compuesto de construcción elaborado por una mezcla de agregados como arena, grava y roca triturada, los cuales se unen mediante una pasta de cemento y agua, formando una estructura sólida. En ocasiones, se pueden añadir aditivos con el fin de modificar ciertas características del concreto (McCormac y Brown, 2018).

El hormigón se caracteriza por poseer una alta resistencia a la compresión, lo que significa que puede soportar cargas aplicadas en dirección hacia su interior, pero presenta una baja

resistencia a la tensión, es decir, a las fuerzas que tienden a estirar o separar el material. Estas propiedades pueden variar debido a diversos factores, como el proceso de curado, la humedad presente, la composición de la mezcla, la temperatura y la dosificación utilizada, entre otros.

### **1.2.1. Dosificación del hormigón**

Se trata de definir las proporciones idóneas de los distintos componentes: agregado grueso o ripio y agregado fino o arena, que se combinan con cemento, agua y aditivos con el objetivo de obtener una mezcla con las características requeridas de resistencia, manejabilidad y durabilidad según las solicitudes de cada proyecto.

Para determinar una dosificación adecuada es necesario partir de datos establecidos (Saif Valdez, 2019):

- Resistencia requerida
- Consistencia del hormigón
- Características de los materiales

En esta investigación se realiza la dosificación por peso obtenida de RFV:

- 20 kg de cemento Holcim tipo HE.
- 10 kg de agua potable.
- 40 kg de arena.
- 60 kg de piedra.

### **1.2.2. Curado del hormigón**

Manobanda (2013) define al curado del hormigón como un proceso indispensable para proporcionar la hidratación adecuada del cemento manteniendo la humedad apropiada en las primeras etapas de endurecimiento y fraguado del hormigón. Consiste en mantener húmedas las superficies con agua cuyas propiedades cumplan con los requerimientos de la norma mediante

materiales que sean capaces de retener humedad sin sustancias que perjudiquen el hormigón. Este proceso deberá ser continuo hasta que la mezcla alcance mínimo el 70% de su resistencia de diseño puesto que mejora las propiedades y aumenta la calidad.

### **1.3. Elementos del Hormigón**

#### **1.3.1. Cemento**

Se trata de un material que une los fragmentos áridos por su característica aglomerante, provoca que los materiales se adhieran, debido a la atracción molecular de los mismos para evitar la segregación o separación de los áridos, al mezclar la pasta formada por cemento y agua con los agregados se obtiene una mezcla con características de resistencia y durabilidad apropiadas en relación a las propiedades de los materiales usados.

Al agregar agua en el cemento, este empieza a alcanzar sus propiedades ligantes, es decir, la reacción química que se genera al mezclar esos componentes produce el endurecimiento y fraguado de la mezcla. (Bermúdez y Cadena, 2015).

En el caso del hormigón estructural es indispensable utilizar cemento hidráulico de alta resistencia, por lo tanto, en esta investigación se va a utilizar CEMENTO HOLCIM PREMIUM TIPO HE (High Early-strength), el cual presenta altas resistencias iniciales cumpliendo con los estándares de la norma NTE INEN 2380 (Holcim, 2023).

#### **1.3.2. Agregados**

Son materiales granulares inertes provenientes de rocas cuyas partículas tienen formas y tamaños estables con características que influyen directamente en las propiedades de la mezcla, su volumen no está definido y al unir estos materiales con pasta formada por cemento y agua se obtiene un “esqueleto rígido y estable” (Belito y Paucar, 2018).

En un artículo publicado por Silva (2022), señala que el uso de los agregados en el concreto tiene diferentes propósitos, como por ejemplo la reducción de los costos de producción de la mezcla, el control en los cambios volumétricos generados durante el fraguado, curado y secado del concreto, y la contribución a la resistencia final del material.

El concreto es un compuesto en el que los agregados representan aproximadamente entre el 65% y el 70% del volumen total de la mezcla (Silva, 2022). Se puede observar la necesidad del correcto uso de los agregados, debido a que, de esto depende obtener un concreto con excelentes características. Es decir, un concreto de alta resistencia, sin necesidad de sobredimensionar, ya que esto genera altos costos de elaboración del hormigón. Los agregados utilizados para la mezcla de hormigones se clasifican en agregados finos y gruesos, mismos que se describen a continuación:

- **Árido fino:** El material conocido como arena se caracteriza por su tamaño de partículas finas, lo cual le otorga su denominación. Este material se somete a un proceso de tamizado, en el cual pasa a través del tamiz número 3/8 y es retenido por el tamiz número 200.
- **Árido grueso:** Conocido como grava o ripio, debido a que, proviene de la piedra triturada. Es un material retenido por el tamiz N.º 4.
- **Limos y arcillas:** Materiales que pasan el tamiz 200.

### 1.3.3. Agua

Chunga y Chacón (2016) resaltan que el agua es esencial para que el cemento tenga un proceso de hidratación mediante el cual alcanza sus propiedades aglutinantes, mismas que unen los agregados; asimismo, aporta en la trabajabilidad del hormigón.

Juna (2021) plantea que se puede utilizar agua de río (cuando no contiene impurezas o contaminantes) y agua potable para la elaboración de hormigón sin mayor incidencia en las

propiedades mecánicas, sin embargo, no se debe usar agua de mar puesto que afecta la resistencia de la mezcla por su alto contenido de sal.

#### **1.4. Resistencia a la Compresión Del Hormigón**

Las pruebas de la capacidad resistente a la compresión del concreto se realizan mediante cilindros (o probetas) normadas que deben alcanzar una resistencia mínima antes de aplicar las cargas a los 28 días, donde alcanzará el 100% de su resistencia a compresión. Es necesario esperar 28 días puesto que la resistencia del hormigón aumenta progresivamente desde 70%, 85%, 94% a los 7, 14 y 21 días respectivamente. (Zamora, 2022).

Según lo expuesto por Castillo (2009), las pruebas de resistencia del hormigón no pueden llevarse a cabo en su estado plástico. Esto se debe a que, por lo general, las muestras se obtienen durante el proceso de mezclado y posteriormente se someten a pruebas de compresión una vez que han sido curadas (Abanto, 2009).

##### **1.4.1. Cumplimiento de los Requisitos de Resistencia a Compresión del Hormigón**

En concordancia con las especificaciones de la Norma NTE INEN 1855-2, cuando se emplea la capacidad resistente a la compresión o a la tracción como criterio de validez del concreto, es necesario obtener muestras siguiendo las directrices establecidas en la Norma NTE INEN 1763. Estos especímenes serán sometidos a un proceso de curado en condiciones estandarizadas de temperatura y humedad, tal como se establece en las disposiciones de la Norma NTE INEN 1573 (INEN, 2015).

El hormigón será considerado satisfactorio con respecto a la resistencia a la compresión si cumple los siguientes requisitos:

- El valor promedio de los conjuntos de tres resultados sucesivos de ensayos de resistencia debe ser equivalentes o superiores al valor especificado de resistencia  $f'_c$ .

- Si la resistencia especificada es igual o inferior a 35 MPa, ningún resultado individual de resistencia (promedio de resistencia de dos cilindros) puede ser inferior a la resistencia especificada menos 3,5 MPa ( $f'c - 3,5$  MPa).
- Si la resistencia especificada es superior a 35 MPa, ningún resultado individual de resistencia (promedio de la resistencia de dos cilindros) puede ser inferior al 90% del valor especificado de resistencia ( $0,90 f'c$ ) según las directrices establecidas por la Norma INEN (INEN, 2015).

## **1.5. Características de los Agregados**

### **1.5.1. Granulometría**

Se trata de la organización de tamaños permisibles de las partículas de un agregado y se determina mediante ensayos de cribado utilizando mallas con aberturas de diferentes tamaños. El procedimiento consiste en colocar las mallas en orden descendente de abertura, comenzando con la malla de mayor abertura y terminando con la más cerrada, con una bandeja receptora debajo para recoger las partículas que pasan a través de la malla más fina. Durante el ensayo, se procede a colocar una muestra del agregado en la parte superior de las mallas, seguido de la colocación de una tapa sobre las mallas. Posteriormente, se somete el conjunto a un agitador mecánico durante el período de tiempo establecido por la norma correspondiente. Es importante destacar que también existe la opción de realizar el cribado de forma manual, aunque se debe tener en cuenta que este método es más lento en comparación. Una vez finalizado el proceso de cribado, se procede a determinar los pesos retenidos en cada malla. Estos resultados se grafican y se analizan en relación a los límites establecidos, de acuerdo a las directrices propuestas por Gómez (2014).

Por lo general, se representa el resultado del análisis granulométrico mediante un gráfico que muestra los porcentajes de partículas que pasan a través de las mallas utilizadas.

Para los proyectos realizados con concreto y materiales de base en carreteras existen algunos requisitos granulométricos. En la siguiente Tabla se reflejan los valores permisibles según la granulometría, usados para controlar la composición de diversos materiales de construcción donde se requiere de la utilización de agregados:

**Tabla 0.1**

*Límites granulométricos de Agregados para Algunas Aplicaciones.*

Tamiz Granulométrico	Hormigón Hidráulico		Hormigón Asfáltico % Pasante	Base Hidráulica %Pasante
	Grava % Pasante	Arena % Pasante		
25.4 mm (1 ")	100			
19.0 (3/4 ")	90-100		100	100
12.7 (1/2 ")			90-100	
9.5 (3/8 ")	20-55	100	70-95	50-85
4.75 (No.4)	0-10	95-100	45-70	35-65
2.36 (No.8)	0-5	80-100		
2.00 (No.10)				25-50
1.18 (No.16)		50-85	20-50	
600 um (No.30)		25-60		
425 (No.40)				15-30
300 (No.50)		10-30	5-25	
150 (No.100)		2-10		
75 (No.200)			3-10	5-15

Fuente: Adaptado de Gómez (2014).

### 1.5.1.1. Curva Granulométrica

Para representar de forma visual la distribución de tamaños del material, se emplean coordenadas que se encuentran en un sistema de ejes, donde el eje vertical representa el porcentaje de material que pasa a través del cedazo, en una escala aritmética. En el eje horizontal, conocido como eje de las abscisas, se indican las aberturas de los tamices utilizados. Esta representación gráfica se denomina curva granulométrica y brinda una visión clara de la distribución de tamaños

del material analizado. Cada curva se compara con los rangos recomendados para cada tamiz, los cuales se establecen según criterios específicos establecidos por Corral (2012). Los requisitos granulométricos se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 0.2**

*Requerimiento de granulometría del agregado fino para el concreto. ASTM C-33.*

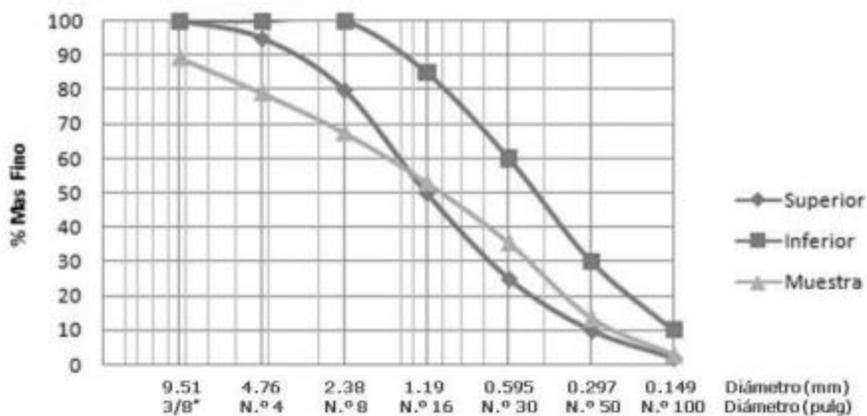
Cedazo		Porcentajes pasante recomendado
Mm	Pulg.	
9.51	3/8"	100
4.76	N.º 4	95-100
2.38	N.º 8	80-100
1.19	N.º 16	50-85
0.595	N.º 30	25-60
0.297	N.º 50	10-30
0.149	N.º 100	2-10

Fuente: Corral (2012).

A continuación, se muestra un ejemplo de la curva granulométrica:

**Figura 0.1**

*Ejemplo de curva obtenida en los ensayos comparada con los requisitos especificados.*



Fuente: Corral (2012).

### **1.5.2. Materia orgánica**

Se trata de un valor importante en la calidad del suelo, ya que ejerce influencia sobre sus propiedades. Esta materia se compone de restos de animales y plantas en diferentes estados de descomposición (Díaz et al., 2020). El hallazgo de material orgánico en los agregados puede tener un impacto de relevancia en las características mecánicas del hormigón y afectar su durabilidad. Por lo tanto, es fundamental realizar un estudio para encontrar materia orgánica en la composición de la arena. Este análisis se realiza mediante una prueba cualitativa que involucra la aplicación de hidróxido de sodio (NaOH).

### **1.5.3. Forma de las Partículas**

Según Neville (1999), la configuración de las partículas puede variar según las características del cuerpo rocoso original y el proceso de trituración utilizado. El autor destaca la relevancia de analizar esta propiedad debido a la relación existente entre la geometría de las partículas y la composición de vacíos en la mezcla. Esta relación tiene un impacto directo en la densidad del hormigón en su estado inicial, su trabajabilidad y, por ende, en la capacidad resistente a la compresión del hormigón una vez endurecido.

Neville (1999) destaca la importancia de la redondez de las partículas como una medida de la angularidad de sus bordes. Esta característica está influenciada por la resistencia a la compresión y abrasión de la roca original, así como por el grado de desgaste experimentado por las partículas. En el caso de los agregados triturados, la forma de las partículas está determinada por la naturaleza de la roca original, el tipo de trituradora utilizada y la relación de reducción, que es la proporción entre el tamaño del material ingresado a la trituradora y el tamaño del producto final obtenido.

También destaca la importancia de la redondez en los agregados gruesos, que se refiere al balance entre la superficie y el volumen de las partículas. Las partículas que presentan una elevada

relación entre su área superficial y su volumen son objeto de particular atención, dado que demandan una mayor cantidad de agua para alcanzar una trabajabilidad específica en la mezcla de hormigón.

Asimismo, se menciona que la forma de las partículas de los áridos finos también influye en las propiedades del mezclado. Las partículas angulares demandan más agua para alcanzar una trabajabilidad establecida. Sin embargo, actualmente no existe un método objetivo disponible para medir y expresar de manera precisa la geometría de las partículas de los áridos (Neville, 1999).

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

Para determinar el tipo de arena que resulta más favorable para mejorar las propiedades resistentes a la compresión del hormigón y las características de la misma que proporcionan estas ventajas es necesario:

Para empezar, se obtiene las muestras de cinco tipos de arenas provenientes de diferentes zonas del país, para realizar mezclas de hormigón con cada una de ellas, manteniendo constantes los demás componentes de la mezcla; lo que significa que, la muestra del árido fino sería la única variante en la mezcla. Es necesario conocer los factores que puedan alterar las propiedades de la arena y la recolección de su muestra, por lo que, es indispensable en esta investigación que cada muestra de arena se procese de la misma manera, con los mismos tiempos de curado y en iguales condiciones para no alterar los resultados.

Después, se realizan los análisis de las propiedades de los áridos: granulometría por medio de tamices normados, análisis de la forma de partículas mediante microscopios y la composición de material orgánico con la utilización de hidróxido de sodio.

Finalmente, se procede a la confección de la mezcla de hormigón que será posteriormente transportada al laboratorio con el objetivo de someterla a pruebas de resistencia a la compresión utilizando probetas cilíndricas normalizadas. Estas probetas serán sometidas a ensayos destructivos a los 2, 7 y 28 días respectivamente. El análisis de las propiedades de las muestras de arena y las propiedades mecánicas de la mezcla de hormigón se llevará a cabo en las instalaciones de los laboratorios pertenecientes a la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del Azuay.

## CAPÍTULO III: DESARROLLO

### 3.1. Obtención de muestras

Las muestras de arena serán obtenidas de minas ubicadas en Santa Isabel, Paute, arena triturada de Paute, del río Upano ubicado en el oriente y del río Burgay.

#### 3.1.1. Descripción del árido grueso utilizado

Se utiliza un árido grueso triturado proveniente de Paute con un peso específico seco de  $1600 \text{ kg/m}^3$  y un peso específico saturado de  $1680 \text{ kg/m}^3$  con porcentaje de humedad es del 2% y porcentaje de absorción de 0.5%. (RFV, 2023)

**Tabla 0.1**

*Características del Agregado grueso.*

Composición del agregado grueso (%)							
Tamaño máximo del agregado (pulg.)	Módulo de finura						
	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3
3/8	0,50	0,49	0,48	0,47	0,46	0,45	0,44
1/2	0,59	0,58	0,57	0,56	0,55	0,54	0,53
3/4	0,66	0,65	0,64	0,63	0,62	0,61	0,60
1	0,71	0,70	0,69	0,68	0,67	0,66	0,65
1 1/2	0,75	0,74	0,73	0,72	0,71	0,70	0,69
2	0,78	0,77	0,76	0,75	0,74	0,73	0,72
3	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78	0,77	0,76
6	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81

Fuente: RFV (2023)

### 3.2. Análisis Granulométrico de las Muestras de Arena

Para llevar a cabo el ensayo granulométrico de las muestras de arena, se procedió a tamizar una muestra determinada de cada tipo de arena utilizando una serie de tamices normalizados dispuestos en orden descendente. Esto permitió determinar la organización de las partículas según

la variación del tamaño. Los resultados obtenidos, que incluyen los porcentajes retenidos en cada tamiz y las aperturas de los tamices, fueron utilizados para realizar una representación gráfica con el fin de realizar un análisis comparativo de las muestras. Cabe destacar que estos ensayos se realizaron en el laboratorio de la Universidad del Azuay. La gráfica resultante muestra en el eje “x” los porcentajes retenidos y en el eje “y” las aperturas de los tamices, representadas en una escala logarítmica descendente. Este análisis se realizó siguiendo las normas NTE INEN 696-2011 y NTE INEN 872-2011.

### 3.2.1. Análisis granulométrico de las arenas

- 1) Es necesario secar las muestras de cada arena en un horno a una temperatura de  $110 \pm 5 \text{ } ^\circ\text{C}$  por 24 horas.

#### Figura 0.1

*Proceso de secado de arenas en el horno.*



*Nota.* Elaboración propia.

- 2) Se toma una muestra de arena de 2000 gramos como peso inicial de cada arena.

**Figura 0.2**

*Peso seco inicial de las muestras de 2000 gr.*



*Nota.* Elaboración propia.

- 3) Se dispone la muestra de arena en los tamices establecidos por la norma para ensayos de árido fino.

**Figura 0.3**

*Tamices normados ordenados de forma descendente.*



*Nota.* Elaboración propia.

- 4) Se coloca el conjunto en un agitador mecánico marca Humboldt durante 5 minutos.

**Figura 0.4**

*Conjunto de tamices colocado en el agitador mecánico.*



*Nota.* Elaboración propia.

- 5) Cuando finaliza el tamizado es necesario pesar el contenido retenido en cada tamiz.  
A continuación, se muestran las figuras con las distribuciones de cada tamiz.

### Figura 0.5

*Distribución granulométrica de la arena tipo 1 (Santa Isabel).*



*Nota.* Elaboración propia.

### Figura 0.6

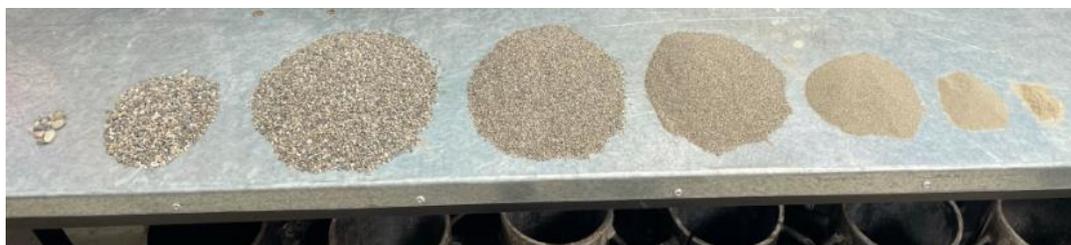
*Distribución granulométrica de la arena tipo 2 (Paute).*



*Nota.* Elaboración propia.

### Figura 0.7

*Distribución granulométrica de la arena tipo 3 (Roca Triturada de Paute).*



*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 0.8**

*Distribución granulométrica de la arena tipo 4 (Río Upano).*



*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 0.9**

*Distribución granulométrica de la arena tipo 5 (Río Burgay).*



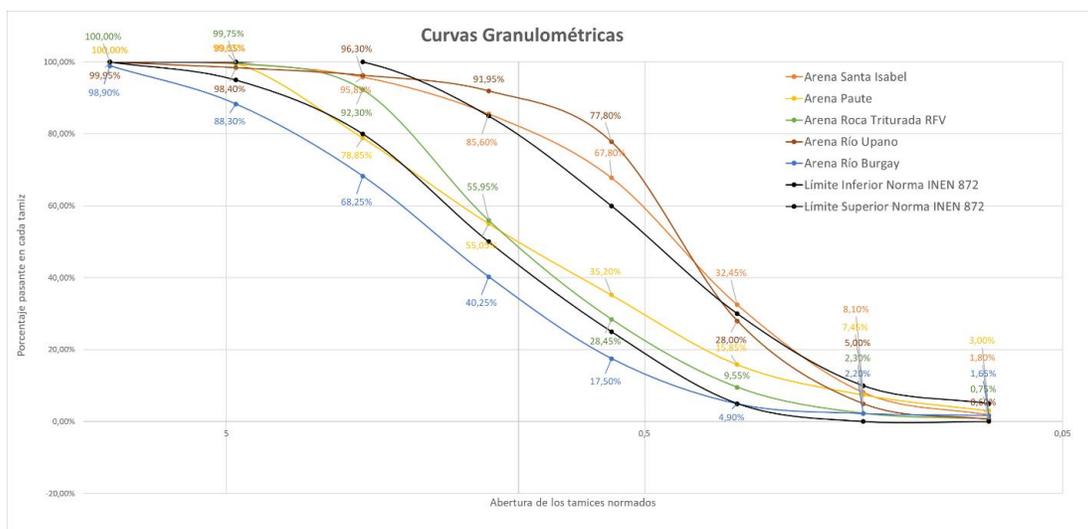
*Nota.* Elaboración propia.

**3.2.2. Curvas granulométricas de los áridos finos**

En la Figura 3.10 se presenta el perfil granulométrico de los cinco tipos de áridos finos empleados en la confección de las muestras de hormigón.

**Figura 0.10**

*Curvas granulométricas de los cinco tipos de arena analizados comparados con los límites establecidos por la Norma INEN 872.*

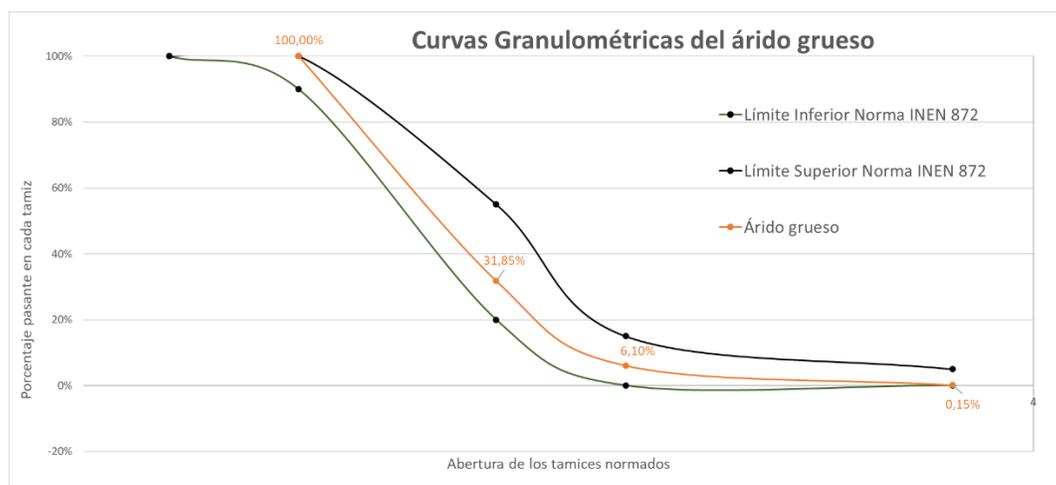


*Nota. Elaboración propia.*

También se realizó el ensayo granulométrico del árido grueso utilizado para compararlo con los límites impuestos por la normativa INEN 872.

**Figura 0.11**

*Curva Granulométrica del árido grueso utilizado.*



*Nota. Elaboración propia.*

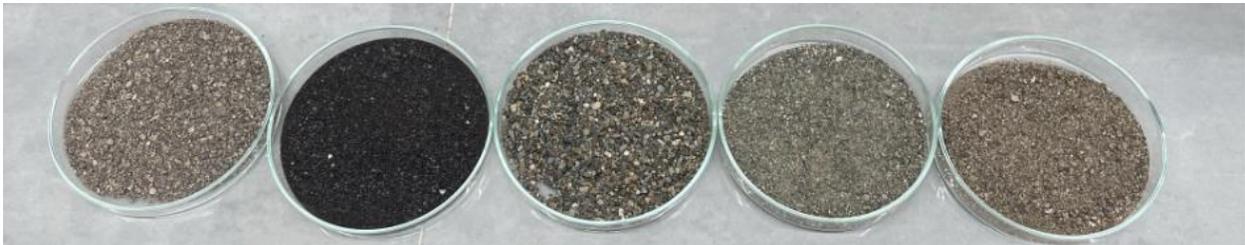
Se puede observar que el árido grueso utilizado cumple con los requisitos normados para la fabricación de hormigón.

### 3.3. Análisis de la Geometría de las Partículas

- 1) Colocar muestras de arena en placas de vidrio.

#### Figura 0.12

*Muestras de arena en placas de vidrio.*



*Nota.* Elaboración propia.

- 2) Para analizar la geometría de las partículas de cada tipo de arena es necesario colocar cada muestra en un microscopio.

#### Figura 0.13

*Observación de geometría de las partículas de arena en un microscopio.*



*Nota.* Elaboración propia.

### 3.4. Análisis de la Presencia de Materia Orgánica

Para este procedimiento basado en la norma NTE INEN 855 es necesario utilizar un compuesto químico llamado hidróxido de sodio (NaOH), se trata de un sólido de color blanco que no tiene olor y se mezcla con agua.

- 1) Primero, secar al aire libre las muestras de arena y pesar 450 gr.
- 2) El reactivo utilizado en el proceso es una solución de hidróxido de sodio al 3%, lo cual implica que se diluyen 3 partes en masa de NaOH en 97 partes de agua.
- 3) Colocar la muestra de arena hasta 130 ml en una botella incolora y graduada de plástico.

#### Figura 0.14

*130ml de arena seca en botella de plástico graduada.*



*Nota. Elaboración propia.*

- 4) Agregar la primera solución o reactivo hasta alcanzar 200 ml de la botella y agitar.

**Figura 0.15**

*Proceso de agregar solución en la botella de plástico.*



*Nota. Elaboración propia.*

5) Tapar la botella y agitar fuerte. La muestra debe reposar 24 horas.

**Figura 0.16**

*Inicio de reposo de 24 horas posterior a agitar.*



*Nota. Elaboración propia.*

6) Comparar el elemento patrón con el líquido.

### Figura 0.17

*Patrón de referencia empleado con el propósito de cuantificar la cantidad de materia orgánica presente en las muestras de arena.*

DATOS DEL ENSAYO				
Tabla de Colores Estándar		Color del Líquido de la Muestra	Interpretación	Conclusión
↑ Más Claro	1		Poco o Ningún Contenido de Componente Orgánico Dañino	Uso Aceptable
	2			
Color Estándar de Referencia	3		Contenido de Componente Orgánico Aceptable	
↓ Más Oscuro	4		Posibilidad de Contenido de Componente Orgánico Dañino	
	5			

Fuente: Obtenido de Laboratorio de Suelos de la Universidad del Azuay (2023).

### 3.5. Elaboración de testigos de hormigón

1) Se elaboró hormigón estructural con la dosificación:

- 20 kg de cemento Holcim tipo HE
- 10 kg de agua potable
- 40 kg de arena
- 60 kg de piedra

2) Se procedió a elaborar 6 cilindros de hormigón por cada tipo de arena con

dimensiones de 15 centímetros para el diámetro por 30 centímetros de altura.

El primer paso es aplicar Diésel en los moldes para poder desencofrar una vez las muestras estén endurecidas.

**Figura 0.18**

*Aplicación de Diésel en moldes.*



*Nota. Elaboración propia.*

En las siguientes figuras se pueden observar las medidas de cada componente, es necesario tomar en cuenta que las medidas de cemento, agua, arena y ripio son constantes en todas las muestras, con la única variante del tipo de arena.

**Figura 0.19**

*Proceso de pesado en balanza de componentes: 60 kg de ripio*



*Nota. Elaboración propia.*

**Figura 0.20**

*Proceso de pesado en balanza de componentes: 40 kg de cada tipo de arena.*



*Nota. Elaboración propia.*

**Figura 0.21**

*Proceso de pesado en balanza de componentes: 20 kg de cemento Holcim (HE).*



*Nota. Elaboración propia.*

**Figura 0.22**

*Proceso de pesado en balanza de componentes: 10 kg de agua potable.*



*Nota. Elaboración propia.*

Los componentes fueron mezclados mediante una concreteira. Una vez mezclados los componentes, en la figura 3.23 se puede observar la mezcla de hormigón en estado fresco.

**Figura 0.23**

*Proceso de mezclado de materiales en concreteira.*



*Nota. Elaboración propia.*

3) A continuación, se procedió a disponer el hormigón en los moldes cilíndricos, para esto es necesario aplicar golpes con un martillo de goma en las caras laterales de los moldes y 25 golpes en la mezcla con una varilla lisa con el objetivo de eliminar el aire retenido en la mezcla.

**Figura 0.24**

*Golpes con martillo de goma en las caras laterales del molde para eliminar exceso de aire.*



*Nota. Elaboración propia.*

**Figura 0.25**

*Golpes con varilla en la mezcla para eliminar el exceso de aire.*



*Nota. Elaboración propia.*

4) Luego de realizar cada mezcla de hormigón es necesario lavar la concretera antes de realizar la siguiente muestra.

**Figura 0.26**

*Proceso de lavado de concretera.*



*Nota. Elaboración propia.*

5) Para que el hormigón fragüe es necesario dejar 24 horas la mezcla dentro del molde antes de desencofrar. En la figura 3.37 se pueden observar las 30 muestras realizadas.

**Figura 0.27**

*Inicio del endurecimiento de las 30 muestras de hormigón.*



*Nota. Elaboración propia.*

6) Se establecieron 3 tiempos de curado para cada muestra de: 2, 7 y 28 días.

Las probetas fueron realizadas en la fábrica RFV.

### 3.6. Proceso de curado

Es necesario aflojar los pernos de cada molde para sacar las probetas del mismo.

#### Figura 0.28

*Proceso de extracción de moldes.*



*Nota.* Elaboración propia.

Los diferentes testigos de hormigón estarán expuestos a procesos de curado al ser sumergidos totalmente en agua a temperatura ambiente durante 2,7 y 28 días, como se refleja en la figura 3.29.

**Figura 0.29**

*Proceso de curado de probetas de hormigón.*



*Nota.* Elaboración propia.

**3.7. Pruebas de compresión**

Este procedimiento está basado en la norma ASTM C39 y se utilizaron cilindros de 15cm por 30 cm con edades de 2, 7 y 28 días. Las pruebas fueron realizadas en la planta de Holcim.

Según la norma NTE INEN 1 573 es necesario realizar este ensayo con las probetas en estado húmedo inmediatamente se retiran del agua y deben mantenerse en este estado durante los procesos de remoción del proceso de curado, colocación en la prensa y aplicación de la carga.

Aplicación de la carga en los cilindros:

- 1) Primero es necesario ajustar en cero el indicador de carga y colocar el cilindro en el centro de la prensa, las caras en ambos extremos de la muestra deben estar limpias.

**Figura 0.30**

*Colocación de probetas en la prensa para la prueba a compresión.*



*Nota.* Elaboración propia.

- 2) La carga debe aplicarse de manera incremental hasta observar que el indicador empieza a decrecer o hasta percibir fisuras en el hormigón.
- 3) Se registra la carga máxima que resiste cada cilindro.
- 4) La prensa indica los resultados de resistencia a compresión en kN (Kilo Newtons) y Mpa (Mega Pascales).

**Figura 0.31**

*Ejemplo de resultado de la prueba a compresión de la probeta de hormigón con arena triturada realizada a 2 días de elaborada la mezcla.*



*Nota.* Elaboración propia.

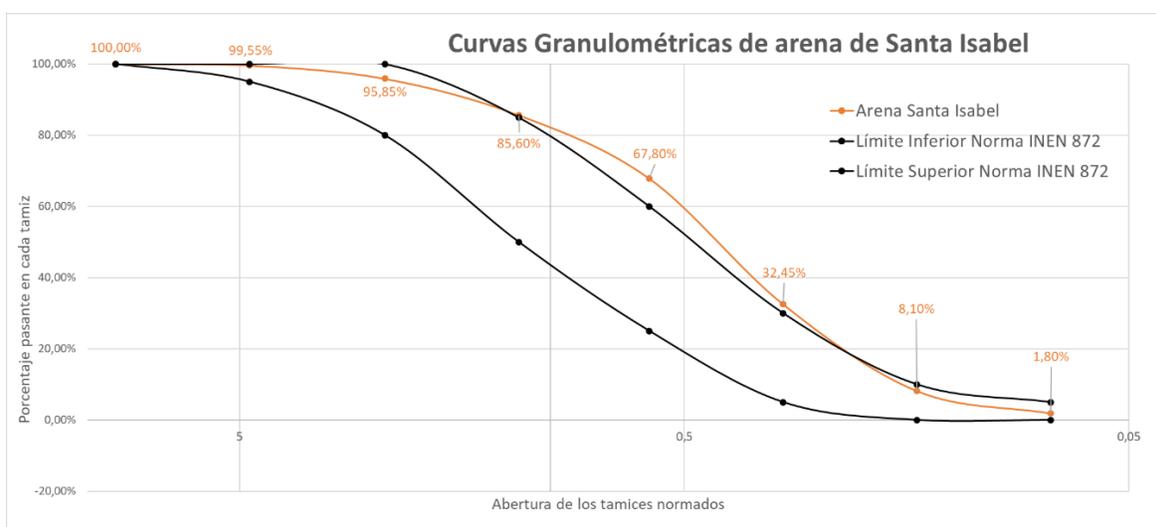
## CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Análisis Granulométrico

Se demuestra en las siguientes figuras la curva granulométrica de cada tipo de arena junto con los límites superior e inferior para áridos finos establecidos por la norma INEN 872.

#### Figura 0.1

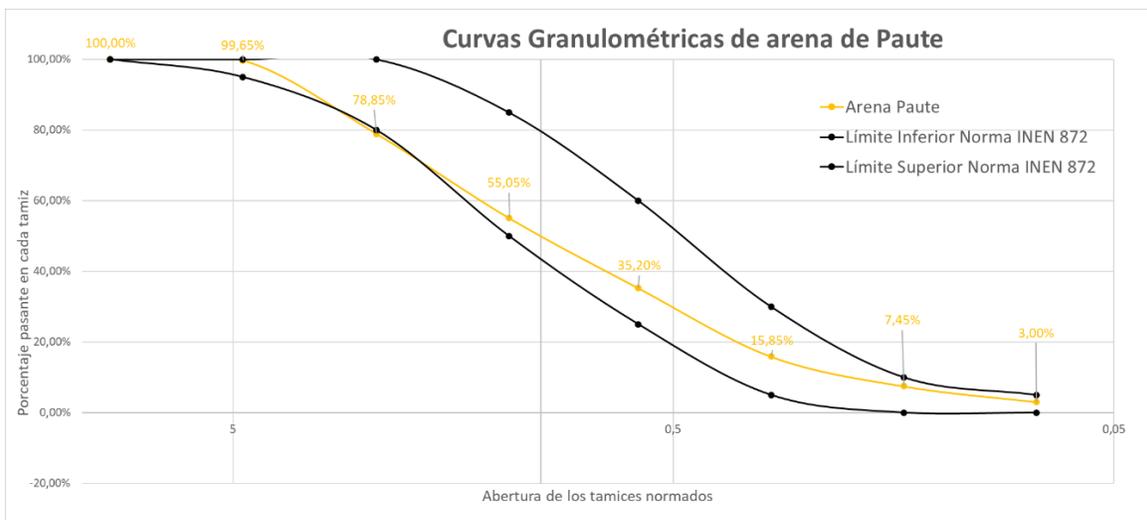
*Curva Granulométrica del árido proveniente de Santa Isabel comparada con los límites de la norma INEN 872.*



*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 0.2**

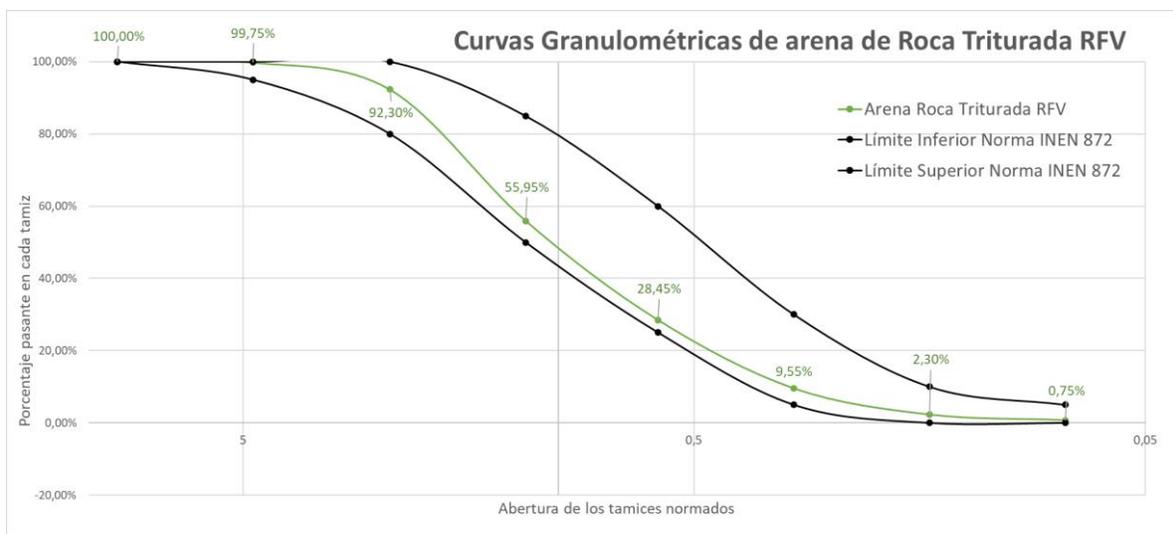
*Curva Granulométrica del árido proveniente de Paute comparada con los límites de la norma INEN 872.*



Nota. Elaboración propia.

**Figura 0.3**

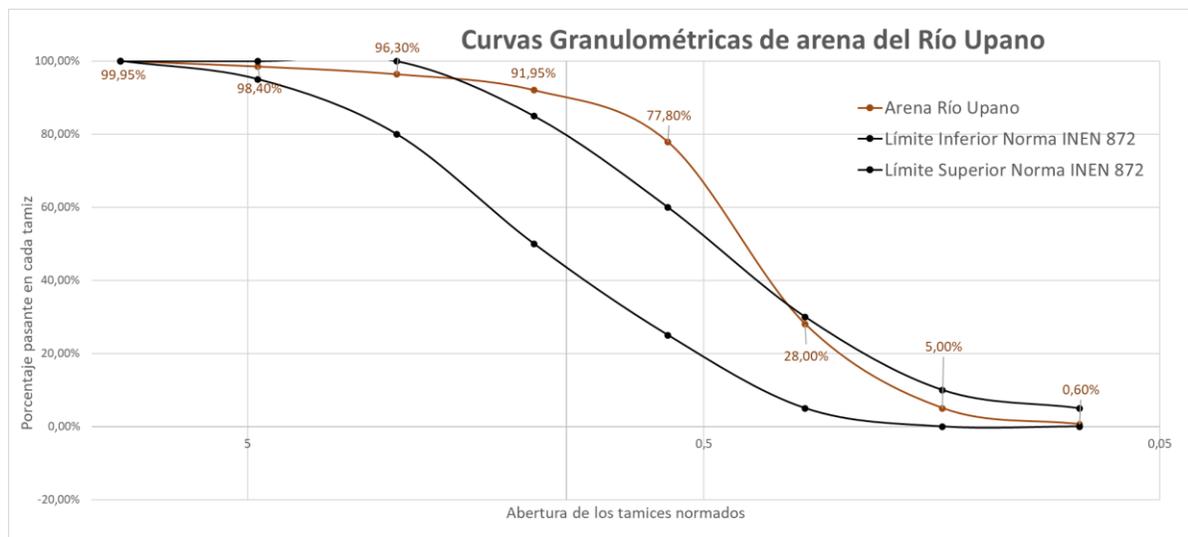
*Curva Granulométrica del árido proveniente de la roca triturada de Paute comparada con los límites de la norma INEN 872.*



Nota. Elaboración propia.

**Figura 0.4**

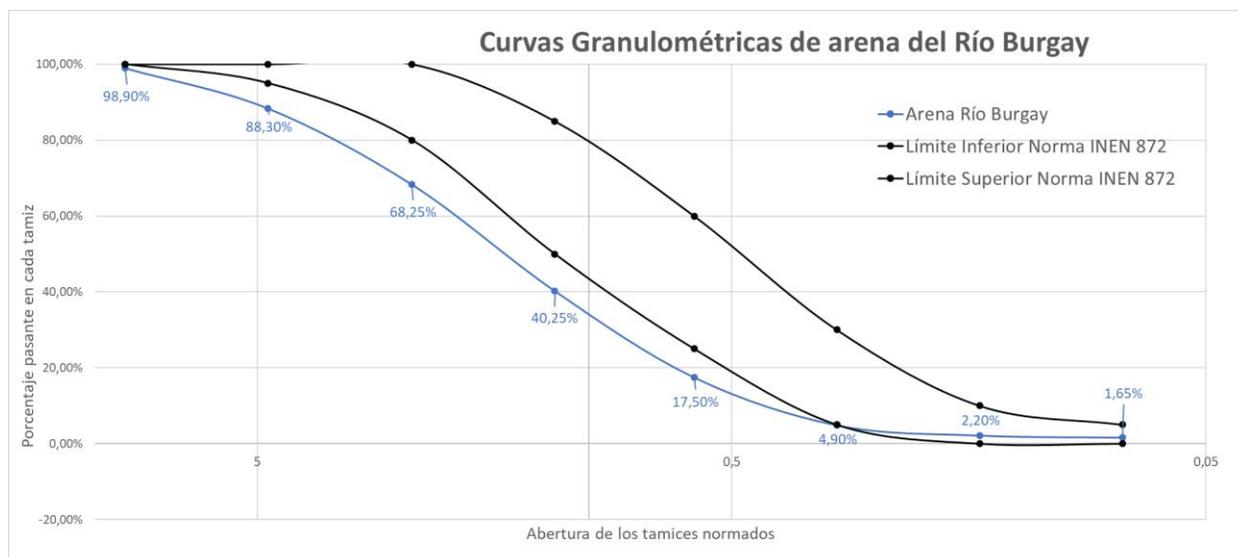
*Curva Granulométrica del árido proveniente del Río Upano comparada con los límites de la norma INEN 872.*



*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 0.5**

*Curva Granulométrica del árido proveniente del Río Burgay comparada con los límites de la norma INEN 872.*



*Nota.* Elaboración propia.

Al realizar una comparación de los resultados del análisis granulométrico de cada muestra con los valores establecidos por la norma INEN 872 se obtiene que, únicamente la arena tipo 3 proveniente de la trituración de roca de Paute cumple con dichos parámetros, mientras que la arena tipo 5 proveniente del río Burgay es la que presenta los valores más alejados los límites establecidos por la norma.

Según la Norma INEN 872 (2011), al realizar el análisis granulométrico del árido fino, es necesario que ningún tamiz retenga más del 45% del material, sin embargo, en el caso de la arena proveniente del río Upano, el tamiz #50 retiene el 49,8% del material, por lo cual, esta arena no puede ser utilizada para la elaboración de hormigón.

**Tabla 0.1**

*Material Pasante del Tamiz #200.*

	<b>Material pasante del Tamiz #200 (gr)</b>	<b>Peso Total</b>	<b>Porcentaje de Pasante</b>
<b>Santa Isabel</b>	36	2000	1,80%
<b>Paute</b>	60	2000	3,00%
<b>Roca trit. Paute</b>	15	2000	0,75%
<b>Río Upano</b>	12	2000	0,60%
<b>Río Burgay</b>	33	2000	1,65%

*Nota.* Elaboración propia.

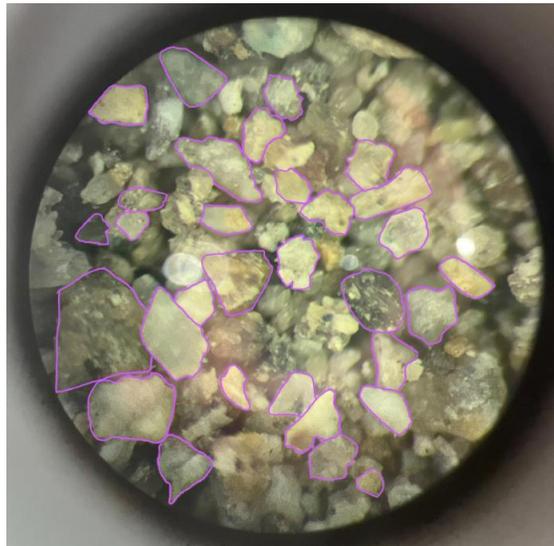
De acuerdo con las afirmaciones de Gutiérrez (2003), un incremento en la fracción de material que atraviesa el tamiz #200 puede tener efectos adversos en el hormigón, ya que obstaculiza la adherencia entre la mezcla de cemento/agua y los agregados, además de aumentar la necesidad de agua. En el proyecto se realizaron análisis granulométricos y los resultados del contenido de polvo en cada muestra se encuentran presentados en la tabla 4.1.

#### 4.2. Análisis de la geometría de las partículas

A continuación, se muestra la geometría de las partículas de cada muestra de arena.

##### Figura 0.6

*Geometría de partículas en microscopio: Santa Isabel.*



*Nota.* Elaboración propia.

##### Figura 0.7

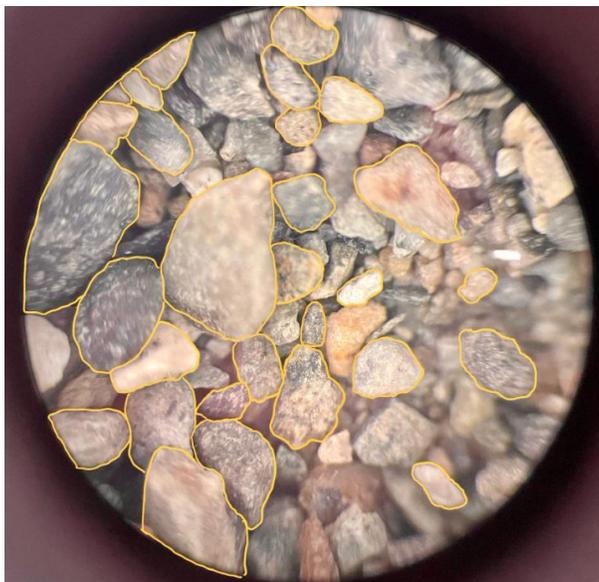
*Geometría de partículas en microscopio: Paute.*



*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 0.8**

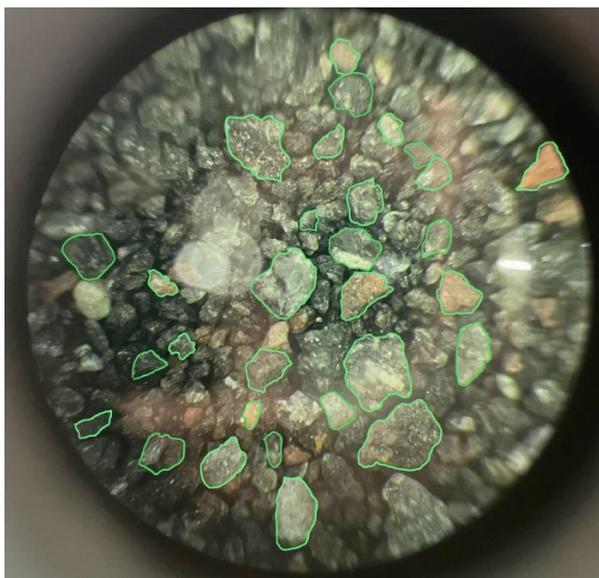
*Geometría de partículas en microscopio: Arena de roca triturada de Paute.*



*Nota. Elaboración propia.*

**Figura 0.9**

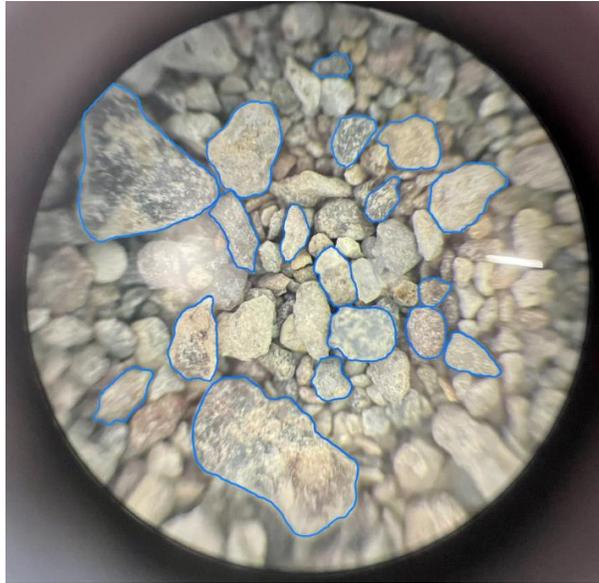
*Geometría de partículas en microscopio: Río Upano.*



*Nota. Elaboración propia.*

**Figura 0.10**

*Geometría de partículas en microscopio: Río Burgay.*



*Nota.* Elaboración propia.

De acuerdo con las conclusiones de León y Ramírez (2010), se ha determinado que tanto la forma como la textura de los agregados poseen una influencia considerable en la trabajabilidad del concreto en su estado fresco, así como en la resistencia y durabilidad del hormigón endurecido. Esto se debe a que la textura desempeña un papel crucial en la capacidad de adherencia entre las partículas gruesas y el mortero.

La forma de las partículas de cada muestra observada tiene tendencia a redondeada o subredondeada, puesto que se trata de arenas de río, lo que implica que son cantos rodados. La única muestra que difiere de este resultado es la arena producto de la trituración de roca proveniente de Paute que presenta partículas cuya forma tiende a ser angular o subangular por su proceso de trituración.

### 4.3. Análisis de Contenido de Materia Orgánica

**Figura 0.11**

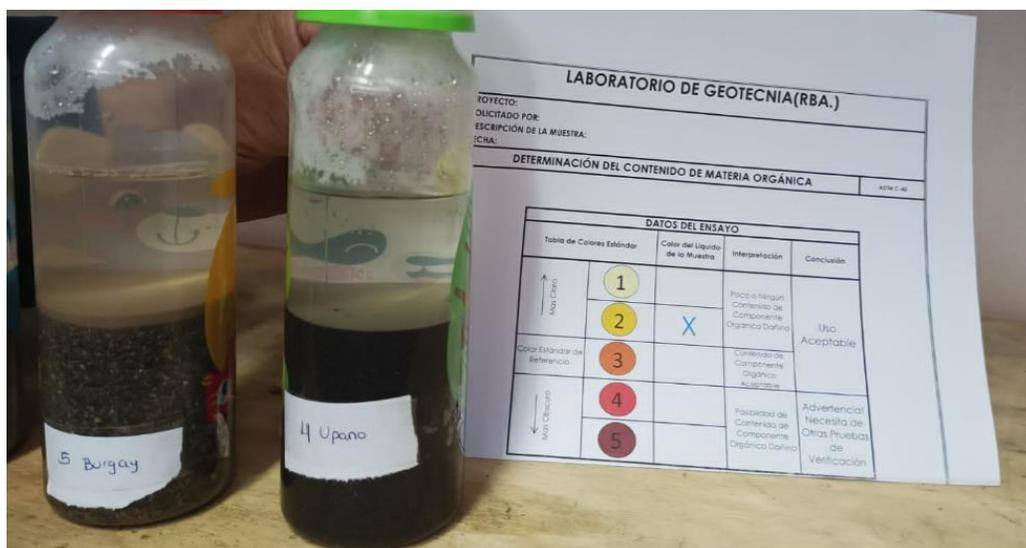
*Comparación de colores con el elemento patrón: Santa Isabel, Paute y Arena triturada de Paute ordenadas respectivamente.*



*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 0.12**

*Comparación de colores con el elemento patrón: Río Upano y Río Burgay ordenadas respectivamente.*



*Nota.* Elaboración propia.

El análisis cualitativo del nivel de material orgánico en las muestras de arena indica que las cinco arenas se encuentran dentro del rango de “Uso Aceptable”, es decir, la presencia del componente orgánico que resulta perjudicial para las propiedades mecánicas del hormigón puede considerarse despreciable, por lo cual, en vista de que todas las arenas se encuentran en las mismas condiciones, el contenido de materia orgánica no representa una variante en los resultados de esta investigación.

#### **4.4. Resistencia a la Compresión**

Para cada periodo de rotura (2, 7 y 28 días) se realizaron dos testigos de hormigón en las mismas condiciones, siendo la única variante el tipo de arena utilizado. Cada probeta se colocó en la prensa para conocer su resistencia a la compresión y se obtuvo una carga unitaria promedio para cada tipo de hormigón.

En la primera rotura (2 días) se obtuvieron las cargas unitarias promedio de los hormigones:

- Tipo 1 (Santa Isabel): 8,61 Mpa.
- Tipo 2 (Paute): 6,62 Mpa.
- Tipo 3 (Roca triturada de Paute): 15,57 Mpa.
- Tipo 4 (Río Upano): 7, 56 Mpa.
- Tipo 5 (Río Burgay): 5,19 Mpa.

En la segunda rotura (7 días) se obtuvieron las cargas unitarias promedio de los hormigones:

- Tipo 1 (Santa Isabel): 17,63 Mpa.
- Tipo 2 (Paute): 12,89 Mpa.
- Tipo 3 (Roca triturada de Paute): 28,37 Mpa.
- Tipo 4 (Río Upano): 16,36 Mpa.

- Tipo 5 (Río Burgay): 11,58 Mpa.

En la tercera rotura (28 días) se obtuvieron las cargas unitarias promedio de los hormigones:

- Tipo 1 (Santa Isabel): 27,96 Mpa.
- Tipo 2 (Paute): 20,966 Mpa.
- Tipo 3 (Roca triturada de Paute): 40,633 Mpa.
- Tipo 4 (Río Upano): 24,418 Mpa.
- Tipo 5 (Río Burgay): 21,747 Mpa.

### Tabla 0.2

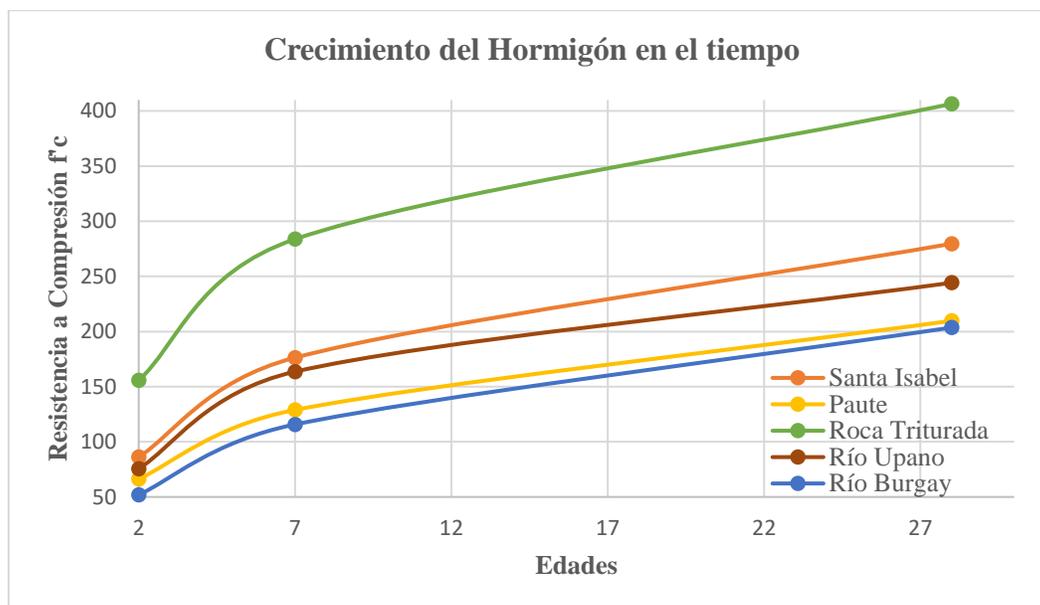
*Valores medios de resistencia a compresión obtenidos para cada muestra de hormigón en cada punto de tiempo de fractura.*

Edades	Resistencia $f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )				
	Santa Isabel	Paute	Roca trit. Paute	Upano	Burgay
2	86,13	66,24	155,67	75,57	51,89
7	176,3	128,91	283,71	163,57	115,75
28	279,6	209,66	406,33	244,18	203,58

*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 0.13**

*Curvas de crecimiento de cada tipo de hormigón en el tiempo*



*Nota.* Elaboración propia.

Según Merrit (1992) el concreto incrementa sus propiedades mecánicas en el transcurso del tiempo, por esta razón, las propiedades mecánicas a la compresión en la construcción son evaluada a los 28 días, periodo en el cual se asume que el hormigón alcanza su resistencia de diseño. En base a los ensayos de compresión realizados en las probetas cilíndricas, la muestra de hormigón que presenta mayor resistencia a compresión fue realizada con la arena proveniente de roca triturada de Paute, siendo el árido fino más favorable para la construcción entre las muestras seleccionadas para esta investigación.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- Se concluye que el tipo de arena utilizada para la elaboración de las probetas de hormigón influye directamente en la resistencia a compresión final del mismo, debido a los diferentes factores analizados: granulometría, forma de partículas, composición de material orgánico y porcentaje de agregados que traspasa el tamiz #200.
- Además, la arena tipo 3, proveniente de la roca triturada de Paute fue la única arena cuya granulometría se encuentra en de los valores establecidos por la Normativa INEN 872, y aportó mayor resistencia a la compresión. Al contrario, la arena tipo 1, proveniente del Río Burgay tiene la granulometría que se encuentra más alejada de los valores establecidos por la INEN 872, y, soportó menores cargas unitarias. Por esta razón, se puede concluir que la granulometría del árido fino representa un factor relevante en la elaboración del hormigón, debido a que influye directamente en sus propiedades mecánicas.
- La consideración de la presencia de material de tamaño inferior al tamiz #200, que corresponde al polvo en la muestra, es de suma importancia, dado que tiene un impacto directo en las propiedades mecánicas del hormigón. Esta suposición se verifica en las muestras de hormigón fabricadas con arena proveniente de Paute, que exhiben una granulometría excelente y una curva granulométrica que en el mayor de los casos se visualiza en los valores establecidos por la INEN 872. No obstante, estas muestras presentan una resistencia a la compresión baja. Por lo tanto, es posible establecer una relación entre el porcentaje de polvo presente en esta muestra (equivalente al 3% del total) y la capacidad resistente a la compresión de las probetas de hormigón.

- Gracias a los análisis de compresión del concreto se obtiene que la muestra elaborada con arena proveniente de roca triturada de Paute es la más resistente con un resultado de 15.57, 28.37, 40.63 Mpa a los 2, 7 y 28 días respectivamente, esto se debe a que dicho árido fino presenta las condiciones granulométricas más favorables con respecto a los límites de tamaño de partícula normados y cantidad de polvo, además, en el análisis de la geometría de las partículas, se obtiene como resultado una forma angular que aporta mayor resistencia a la compresión que la redondeada y sub-redondeada presentada en las demás muestras; finalmente, en el análisis del contenido de materia orgánica, al igual que todas las muestras, se encuentra dentro del rango de “Uso Aceptable”. Por lo mencionado, se concluye que esta arena es la que presenta las mejores condiciones para la elaboración de un hormigón de calidad.

### **Recomendaciones**

- Se debe tomar precaución con las dosificaciones utilizadas para la elaboración de la mezcla ya que, las muestras de arena tienen distintos contenidos de humedad y esto puede afectar en la dosificación del concreto y, por ende, en la capacidad resistente final de las probetas.
- Realizar un análisis granulométrico de la arena que se va a utilizar para la elaboración del hormigón para saber si cumple con los rangos de tamaño de partícula establecidos en la norma INEN 872.
- Es necesario considerar la cantidad de polvo presente en el árido fino que se va a utilizar para la elaboración de hormigón puesto que este factor afecta sus propiedades mecánicas.
- Llevar un control adecuado del proceso de curado del hormigón y de esta manera, evitar que se alteren los resultados de las pruebas de resistencia de las probetas.
- Se recomienda plantear una investigación referente a la influencia en las propiedades mecánicas del hormigón con un enfoque en el método de trituración de los áridos que lo conforman.

## BIBLIOGRAFÍA

- Gómez, J. (2014). *Materiales de Construcción*. Obtenido de <https://documents.pub/document/39247781-libro-materiales-de-construccion-5584650a84370.html?page=1>
- Holcim Ecuador S.A. (2023). *Holcim Ecuador*. Obtenido de Cemento Premium tipo HE: <https://www.holcim.com.ec/cemento-holcim-premium>
- Garzón Bernal, L., & Godoy Sánchez, M. (2019). *Caracterización de la Tonalita de la cantera La Josefina, para sustituir el agregado fino en la fabricación de hormigón*. Obtenido de Universidad del Azuay: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8961>
- Díaz Lezcano, M., Gamarra Lezcano, C., Ruiz Diaz, S., & Vera de Ortiz, M. (11 de 11 de 2020). *Contenido de materia orgánica en suelos de sistemas silvopastoriles establecidos en el Chaco Central paraguay*. Obtenido de Revista De La Sociedad Científica Del Paraguay: <https://doi.org/10.32480/rscp.2020.25.2.131>
- Bermudez Andrade, D., & Cadena Perugachi, H. (2015). *Correlación entre la resistencia al esfuerzo de compresión y tracción del hormigón, utilizando agregados de las canteras de Pifo y San Antonio, cemento holcim tipo GU*. Obtenido de Universidad Central del Ecuador: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/4413>
- Belito Huamani, G., & Paucar Chanca, F. (2018). *INFLUENCIA DE AGREGADOS DE DIFERENTES PROCEDENCIAS Y DISEÑO DE MEZCLA SOBRE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO*. Obtenido de Universidad Nacional de Huancavelica, Peru: <https://1library.co/document/qo5dll5y-influencia-agregados-diferentes-procedencias-diseno-mezcla-resistencia-concreto.html>
- Gómez Dominguez, J. (2014). *MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN*. México: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Monterrey. Obtenido de Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

- Muciño Velez, A., Guillén Guillén, C., Tahuiton Mora, A., & Orozco Mendoza, E. (2022). Influencia de la arena en la resistencia mecánica del mortero empleando diferentes marcas de cemento. *CIENCIA ergo-sum*, 1-10. Obtenido de CIENCIA ergo-sum.
- Mena López, V., & Juna Pozo, L. (2021). *Incidencia del agua, ripio, arena y diferentes tiempos de curado, en la calidad del hormigón para la construcción, empleando los agregados del cantón Pedernales, Provincia de Manabí en el año 2020*. Obtenido de Universidad Central del Ecuador: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/22877>
- Lira, G., & Osses, R. (2013). Factibilidad del reemplazo del agregado fino por arena de relave en el hormigón. *Revista Ingeniería de Obras Civiles*, 1-9. Obtenido de Revistas Académicas Chilenas.
- McCormac, J., & Russell, B. (2018). *Diseño de Concreto reforzado (Décima Edición)*. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.
- Saif Valdéz, I. (16 de Septiembre de 2019). *Análisis comparativo entre ensayos destructivos y no destructivos de la resistencia del Hormigón con diferentes métodos de dosificación*. Obtenido de Pontificia Universidad Católica del Ecuador: <http://repositorio.puce.edu.ec:80/handle/22000/17797>
- Zamora Gómez, C. (12 de Octubre de 2022). *Análisis comparativo de costo y resistencia a la compresión del hormigón tradicional y hormigón reciclado*. Obtenido de UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL: <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4304>
- Gonzalez Zuñiga, M. (2021). *Generalidades del Cemento y del Concreto*. Obtenido de Universidad Autónoma de Coahuila: [https://www.academia.edu/45038853/Generalidades\\_del\\_Cemento\\_y\\_del\\_Concreto](https://www.academia.edu/45038853/Generalidades_del_Cemento_y_del_Concreto)

- Cham Yam, J., Solis Carcaño, R., & Moreno, E. (2003). *Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto*. Obtenido de Universidad Autónoma de Yucatán: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46770203>
- Abanto, F. (2009). *Tenología del concreto*. Lima, Perú. Obtenido de <http://hebmerma.com/wp-content/uploads/2020/11/TECNOLOGIA-DEL-CONCRETO-Ing.-Flavio-Abanto-Castillo-1.pdf>
- INEN. (2015). NTE INEN 1855-2. *Hormigones. Hormigón preparado en obra*. Quito, Ecuador. Obtenido de [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_1855-2.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_1855-2.pdf)
- Corral, J. (2012). *Caracterización granulométrica de las plantas productoras de arena en la República Dominicana, su impacto en la calidad y costo del hormigón*. República Dominicana. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/870/87024622003.pdf>
- Neville, A. (1999). *Tecnología del Concreto*. México, México. Obtenido de <https://www.udocz.com/apuntes/66641/tecnologia-del-concreto-neville>
- INEN. (2011). *Áridos para hormigón. Requisitos. NTE INEN 872:2011*. Quito, Ecuador. Obtenido de <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-estatal-peninsula-de-santa-elena/ingenieria-economica/normas-inen-872-535667/6343647>
- León, P., & Ramírez, F. (2010). *Morphological characterization of concrete aggregates by means of image analysis*. Bogotá, Colombia. doi:<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732010000200003>
- Merrit, F. (1992). *Manual del Ingeniero Civil*. McGraw Hill. Obtenido de <https://www.iberlibro.com/Manual-Ingeniero-Civil-Frederick-Merrit-McGraw/14948595906/bd>
- Gutierrez, L. (2003). *EL CONCRETO Y OTROS MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

## ANEXOS

## Anexo 1 Rotura de hormigón tipo 1 (Santa Isabel). Periodo: 2 días.



## RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Datos	
Fecha:	7/4/2023
Nombre:	Alvarez Jenny - Cañizares Camila
Proyecto:	Trabajo de titulación
Laboratorio:	Universidad del Azuay

## HORMIGÓN TIPO 1 (Santa Isabel)

CILINDRO	EDAD	DIMENSIONES	ÁREA	CARGA TOTAL	CARGA UNITARIA		CARGA UNITARIA PROMEDIO
	Días				cm	cm <sup>2</sup>	
1	2	15 x 30	176,715	158,1	894,661	8,947	8,613
2	2	15 x 30	176,715	146,3	827,887	8,279	



Curado: Sumergido en agua

Comentarios

---



---



---

**Anexo 2 Rotura de hormigón tipo 2 (Paute). Periodo: 2 días.**



**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

Datos	
Fecha:	7/4/2023
Nombre:	Alvarez Jenny - Cañizares Camila
Proyecto:	Trabajo de titulación
Laboratorio:	Universidad del Azuay

**HORMIGÓN TIPO 2 (Paute)**

CILINDRO	EDAD	DIMENSIONES	ÁREA	CARGA TOTAL	CARGA UNITARIA		CARGA UNITARIA PROMEDIO
	Días				cm	cm <sup>2</sup>	
1	2	15 x 30	176,715	114,3	646,804	6,468	6,624
2	2	15 x 30	176,715	119,8	677,928	6,779	



Curado: Sumergido en agua

Comentarios

---



---



---

**Anexo 3 Rotura de hormigón tipo 3 (Roca Triturada de Paute). Periodo: 2 días.**



**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

Datos	
Fecha:	7/4/2023
Nombre:	Alvarez Jemy - Cañizares Camila
Proyecto:	Trabajo de titulación
Laboratorio:	Universidad del Azuay

**HORMIGÓN TIPO 3 (RFV)**

CILINDRO	EDAD	DIMENSIONES	ÁREA	CARGA TOTAL	CARGA UNITARIA		CARGA UNITARIA PROMEDIO
	Días	cm	cm <sup>2</sup>	kN	N/cm <sup>2</sup>	Mpa	N/mm <sup>2</sup>
1	2	15 x 30	176,715	271,1	1534,109	15,341	15,567
2	2	15 x 30	176,715	279,1	1579,379	15,794	



**Curado:** Sumergido en agua

Comentarios

---



---

**Anexo 4 Rotura de hormigón tipo 4 (Río Upano). Periodo: 2 días.**



**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

Datos	
Fecha:	7/4/2023
Nombre:	Alvarez Jenny - Cañizares Camila
Proyecto:	Trabajo de titulación
Laboratorio:	Universidad del Azuay

**HORMIGÓN TIPO 4 (Río Upano)**

CILINDRO	EDAD	DIMENSIONES	ÁREA	CARGA TOTAL	CARGA UNITARIA		CARGA UNITARIA PROMEDIO
	Días				cm	cm <sup>2</sup>	
1	2	15 x 30	176,715	136,7	773,562	7,736	7,557
2	2	15 x 30	176,715	130,4	737,911	7,379	



Curado: Sumergido en agua

Comentarios

---



---

**Anexo 5 Rotura de hormigón tipo (Río Burgay). Periodo: 2 días.**



**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

Datos	
Fecha:	7/4/2023
Nombre:	Alvarez Jenny - Cañizares Camila
Proyecto:	Trabajo de titulación
Laboratorio:	Universidad del Azuay

**HORMIGÓN TIPO 5 (Río Burgay)**

CILINDRO	EDAD	DIMENSIONES	ÁREA	CARGA TOTAL	CARGA UNITARIA		CARGA UNITARIA PROMEDIO
	Días				cm	cm <sup>2</sup>	
1	2	15 x 30	176,715	93,4	528,535	5,285	5,189
2	2	15 x 30	176,715	90	509,295	5,093	



**Curado:** Sumergido en agua

Comentarios

---



---

**Anexo 6 Rotura de hormigón tipo 1 (Santa Isabel). Periodo: 7 días.**



**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

Datos	
<b>Fecha:</b>	12/4/2023
<b>Nombre:</b>	Alvarez Jenny - Cañizares Camila
<b>Proyecto:</b>	Trabajo de titulación
<b>Laboratorio:</b>	Universidad del Azuay

**HORMIGÓN TIPO 1 (Santa Isabel)**

CILINDRO	EDAD	DIMENSIONES	ÁREA	CARGA TOTAL	CARGA UNITARIA		CARGA UNITARIA PROMEDIO
	Días	cm	cm <sup>2</sup>	kN	N/cm <sup>2</sup>	Mpa	N/mm <sup>2</sup>
1	7	15 x 30	176,715	316,1	1788,756	17,888	17,630
2	7	15 x 30	176,715	307	1737,261	17,373	

**Curado:** Sumergido en agua

Comentarios

---



---



---

**Anexo 7 Rotura de hormigón tipo 2 (Paute). Periodo: 7 días.**



**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

Datos	
<b>Fecha:</b>	12/4/2023
<b>Nombre:</b>	Alvarez Jenny - Cañizares Camila
<b>Proyecto:</b>	Trabajo de titulación
<b>Laboratorio:</b>	Universidad del Azuay

**HORMIGÓN TIPO 2 (Paute)**

CILINDRO	EDAD	DIMENSIONES	ÁREA	CARGA TOTAL	CARGA UNITARIA		CARGA UNITARIA PROMEDIO
	Días	cm	cm <sup>2</sup>	kN	N/cm <sup>2</sup>	Mpa	N/mm <sup>2</sup>
1	7	15 x 30	176,715	225,4	1275,500	12,755	12,891
2	7	15 x 30	176,715	230,2	1302,662	13,027	

**Curado:** Sumergido en agua

Comentarios

---



---



---

**Anexo 8 Rotura de hormigón tipo 3 (Roca Triturada de Paute). Periodo: 7 días.**



**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

Datos	
<b>Fecha:</b>	12/4/2023
<b>Nombre:</b>	Alvarez Jenny - Cañizares Camila
<b>Proyecto:</b>	Trabajo de titulación
<b>Laboratorio:</b>	Universidad del Azuay

**HORMIGÓN TIPO 3 (RFV)**

CILINDRO	EDAD	DIMENSIONES	ÁREA	CARGA TOTAL	CARGA UNITARIA		CARGA UNITARIA PROMEDIO
	Días	cm	cm <sup>2</sup>	kN	N/cm <sup>2</sup>	Mpa	N/mm <sup>2</sup>
1	7	15 x 30	176,715	511,7	2895,623	28,956	28,371
2	7	15 x 30	176,715	491	2778,485	27,785	

**Curado:** Sumergido en agua

Comentarios

---



---



---

**Anexo 9 Rotura de hormigón tipo 4 (Río Upano). Periodo: 7 días.**



**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

Datos	
Fecha:	12/4/2023
Nombre:	Alvarez Jenny - Cañizares Camila
Proyecto:	Trabajo de titulación
Laboratorio:	Universidad del Azuay

**HORMIGÓN TIPO 4 (Río Upano)**

CILINDRO	EDAD	DIMENSIONES	ÁREA	CARGA TOTAL	CARGA UNITARIA		CARGA UNITARIA PROMEDIO
	Días				cm	cm <sup>2</sup>	
1	7	15 x 30	176,715	292,5	1655,208	16,552	16,357
2	7	15 x 30	176,715	285,6	1616,162	16,162	

**Curado:** Sumergido en agua

Comentarios

---



---



---

**Anexo 10 Rotura de hormigón tipo 5 (Río Burgay). Periodo: 7 días.**



## RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Datos	
<b>Fecha:</b>	12/4/2023
<b>Nombre:</b>	Alvarez Jenny - Cañizares Camila
<b>Proyecto:</b>	Trabajo de titulación
<b>Laboratorio:</b>	Universidad del Azuay

## HORMIGÓN TIPO 5 (Río Burgay)

CILINDRO	EDAD	DIMENSIONES	ÁREA	CARGA TOTAL	CARGA UNITARIA		CARGA UNITARIA PROMEDIO
	Días				cm	cm <sup>2</sup>	
1	7	15 x 30	176,715	209,8	1187,222	11,872	11,575
2	7	15 x 30	176,715	199,3	1127,805	11,278	

**Curado:** Sumergido en agua

Comentarios

---



---



---

**Anexo 11 Rotura de hormigón tipo 1 (Santa Isabel). Periodo: 28 días.**



**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

Datos	
Fecha:	3/5/2023
Nombre:	Alvarez Jenny - Cañizares Camila
Proyecto:	Trabajo de titulación
Laboratorio:	Universidad del Azuay

**HORMIGÓN TIPO 1 (Santa Isabel)**

CILINDRO	EDAD	DIMENSIONES	ÁREA	CARGA TOTAL	CARGA UNITARIA		CARGA UNITARIA PROMEDIO
	Días		cm		cm <sup>2</sup>	N/cm <sup>2</sup>	
1	28	15 x 30	176,715	445,8	2522,706	25,227	27,960
2	28	15 x 30	176,715	542,4	3069,349	30,693	

**Curado:** Sumergido en agua

Comentarios

---



---



---

**Anexo 12 Rotura de hormigón tipo 2 (Paute). Periodo: 28 días.**



**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

<b>Datos</b>	
<b>Fecha:</b>	3/5/2023
<b>Nombre:</b>	Alvarez Jenny - Cañizares Camila
<b>Proyecto:</b>	Trabajo de titulación
<b>Laboratorio:</b>	Universidad del Azuay

**HORMIGÓN TIPO 2 (Paute)**

<b>CILINDRO</b>	<b>EDAD</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>ÁREA</b>	<b>CARGA TOTAL</b>	<b>CARGA UNITARIA</b>		<b>CARGA UNITARIA PROMEDIO</b>
	Días	cm	cm <sup>2</sup>	kN	N/cm <sup>2</sup>	Mpa	N/mm <sup>2</sup>
1	28	15 x 30	176,715	355,9	2013,977	20,140	20,966
2	28	15 x 30	176,715	385,1	2179,215	21,792	

**Curado:** Sumergido en agua

Comentarios

---



---



---

**Anexo 13 Rotura de hormigón tipo 3 (Roca Triturada de Paute). Periodo: 28 días.**



**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

Datos	
<b>Fecha:</b>	3/5/2023
<b>Nombre:</b>	Alvarez Jenny - Cañizares Camila
<b>Proyecto:</b>	Trabajo de titulación
<b>Laboratorio:</b>	Universidad del Azuay

**HORMIGÓN TIPO 3 (RFV)**

CILINDRO	EDAD	DIMENSIONES	ÁREA	CARGA TOTAL	CARGA UNITARIA		CARGA UNITARIA PROMEDIO
	Días	cm	cm <sup>2</sup>	kN	N/cm <sup>2</sup>	Mpa	N/mm <sup>2</sup>
1	28	15 x 30	176,715	719,1	4069,264	40,693	40,633
2	28	15 x 30	176,715	717	4057,381	40,574	

**Curado:** Sumergido en agua

Comentarios

---



---



---

**Anexo 14 Rotura de hormigón tipo 4 (Río Upano). Periodo: 28 días.**



**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

Datos	
<b>Fecha:</b>	3/5/2023
<b>Nombre:</b>	Alvarez Jenny - Cañizares Camila
<b>Proyecto:</b>	Trabajo de titulación
<b>Laboratorio:</b>	Universidad del Azuay

**HORMIGÓN TIPO 4 (Río Upano)**

CILINDRO	EDAD	DIMENSIONES	ÁREA	CARGA TOTAL	CARGA UNITARIA		CARGA UNITARIA PROMEDIO
	Días	cm	cm <sup>2</sup>	kN	N/cm <sup>2</sup>	Mpa	N/mm <sup>2</sup>
1	28	15 x 30	176,715	433,6	2453,668	24,537	24,418
2	28	15 x 30	176,715	429,4	2429,901	24,299	

**Curado:** Sumergido en agua

Comentarios

---



---



---

**Anexo 15 Rotura de hormigón tipo 5 (Río Burgay). Periodo: 28 días.**



**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

Datos	
<b>Fecha:</b>	3/5/2023
<b>Nombre:</b>	Alvarez Jenny - Cañizares Camila
<b>Proyecto:</b>	Trabajo de titulación
<b>Laboratorio:</b>	Universidad del Azuay

**HORMIGÓN TIPO 5 (Río Burgay)**

CILINDRO	EDAD	DIMENSIONES	ÁREA	CARGA TOTAL	CARGA UNITARIA		CARGA UNITARIA PROMEDIO
	Días	cm	cm <sup>2</sup>	kN	N/cm <sup>2</sup>	Mpa	N/mm <sup>2</sup>
1	28	15 x 30	176,715	364,4	2062,077	20,621	20,358
2	28	15 x 30	176,715	355,1	2009,450	20,095	

**Curado:** Sumergido en agua

Comentarios

---



---



---

## Anexo 16 Análisis Granulométrico de la arena de Santa Isabel



### Granulometría de la arena de Santa Isabel

<b>Fecha:</b>	10/4/2023
<b>Nombre:</b>	Alvarez Jenny - Cañizares Camila
<b>Proyecto:</b>	Trabajo de titulación
<b>Laboratorio:</b>	Universidad del Azuay

### Análisis Granulométrico

TAMIZ		MASA RETENIDA		PORCENTAJE		
		PARCIAL	ACUMULADO	RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PASANTE
Pulgadas	mm	gr	gr	%	%	%
3/8 "	9,5	0	0	0	0	100
No. 4	4,75	9	9	0,45	0,45	99,55
No. 8	2,36	74	83	3,7	4,15	95,85
No. 16	1,18	205	288	10,25	14,4	85,6
No. 30	0,6	356	644	17,8	32,2	67,8
No. 50	0,3	707	1351	35,35	67,55	32,45
No. 100	0,15	487	1838	24,35	91,9	8,1
No. 200	0,075	126	1964	6,3	98,2	1,8
Base		36	2000	1,8	100	0
Total (gr)		2000				

<b>Peso antes del ensayo:</b>	2000	gramos
<b>Peso después del ensayo:</b>	1964	gramos

Comentarios

---



---



---

## Anexo 17 Análisis Granulométrico de la arena de Paute



Granulometría de la arena de Paute	
Fecha:	10/4/2023
Nombre:	Alvarez Jenny - Cañizares Camila
Proyecto:	Trabajo de titulación
Laboratorio:	Universidad del Azuay

### Análisis Granulométrico

TAMIZ		MASA RETENIDA		PORCENTAJE		
		PARCIAL	ACUMULADO	RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PASANTE
Pulgadas	mm	gr	gr	%	%	%
3/8 "	9,5	0	0	0	0	100
No. 4	4,75	7	7	0,35	0,35	99,65
No. 8	2,36	416	423	20,8	21,15	78,85
No. 16	1,18	476	899	23,8	44,95	55,05
No. 30	0,6	397	1296	19,85	64,8	35,2
No. 50	0,3	387	1683	19,35	84,15	15,85
No. 100	0,15	168	1851	8,4	92,55	7,45
No. 200	0,075	89	1940	4,45	97	3
Base		60	2000	3	100	0
Total (gr)		2000				

Peso antes del ensayo:	2000	gramos
Peso después del ensayo:	1940	gramos

Comentarios

---



---



---

## Anexo 18 Análisis Granulométrico de la arena de Roca Triturada de Paute



### Granulometría de la arena de roca triturada RFV

<b>Fecha:</b>	10/4/2023
<b>Nombre:</b>	Alvarez Jenny - Cañizares Camila
<b>Proyecto:</b>	Trabajo de titulación
<b>Laboratorio:</b>	Universidad del Azuay

### Análisis Granulométrico

TAMIZ		MASA RETENIDA		PORCENTAJE		
		PARCIAL	ACUMULADO	RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PASANTE
Pulgadas	mm	gr	gr	%	%	%
3/8 "	9,5	0	0	0	0	100
No. 4	4,75	5	5	0,25	0,25	99,75
No. 8	2,36	149	154	7,45	7,7	92,3
No. 16	1,18	727	881	36,35	44,05	55,95
No. 30	0,6	550	1431	27,5	71,55	28,45
No. 50	0,3	378	1809	18,9	90,45	9,55
No. 100	0,15	145	1954	7,25	97,7	2,3
No. 200	0,075	31	1985	1,55	99,25	0,75
Base		15	2000	0,75	100	0
Total (gr)		2000				

<b>Peso antes del ensayo:</b>	2000	gramos
<b>Peso después del ensayo:</b>	1985	gramos

Comentarios

---



---



---

## Anexo 19 Análisis Granulométrico de la arena del Río Upano



Granulometría de la arena del río Upano	
Fecha:	10/4/2023
Nombre:	Alvarez Jenny - Cañizares Camila
Proyecto:	Trabajo de titulación
Laboratorio:	Universidad del Azuay

### Análisis Granulométrico

TAMIZ		MASA RETENIDA		PORCENTAJE		
		PARCIAL	ACUMULADO	RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PASANTE
Pulgadas	mm	gr	gr	%	%	%
3/8 "	9,5	1	1	0,05	0,05	99,95
No. 4	4,75	31	32	1,55	1,6	98,4
No. 8	2,36	42	74	2,1	3,7	96,3
No. 16	1,18	87	161	4,35	8,05	91,95
No. 30	0,6	283	444	14,15	22,2	77,8
No. 50	0,3	996	1440	49,8	72	28
No. 100	0,15	460	1900	23	95	5
No. 200	0,075	88	1988	4,4	99,4	0,6
Base		12	2000	0,6	100	0
Total (gr)		2000				

Peso antes del ensayo:	2000	gramos
Peso después del ensayo:	1988	gramos

Comentarios

---



---



---

## Anexo 20 Análisis Granulométrico de la arena del Río Burgay



### Granulometría de la arena del río Burgay

<b>Fecha:</b>	10/4/2023
<b>Nombre:</b>	Alvarez Jenny - Cañizares Camila
<b>Proyecto:</b>	Trabajo de titulación
<b>Laboratorio:</b>	Universidad del Azuay

### Análisis Granulométrico

TAMIZ		MASA RETENIDA		PORCENTAJE		
		PARCIAL	ACUMULADO	RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PASANTE
Pulgadas	mm	gr	gr	%	%	%
3/8 "	9,5	22	22	1,1	1,1	98,9
No. 4	4,75	212	234	10,6	11,7	88,3
No. 8	2,36	401	635	20,05	31,75	68,25
No. 16	1,18	560	1195	28	59,75	40,25
No. 30	0,6	455	1650	22,75	82,5	17,5
No. 50	0,3	252	1902	12,6	95,1	4,9
No. 100	0,15	54	1956	2,7	97,8	2,2
No. 200	0,075	11	1967	0,55	98,35	1,65
Base		33	2000	1,65	100	0
Total (gr)		2000				

<b>Peso antes del ensayo:</b>	2000	gramos
<b>Peso después del ensayo:</b>	1967	gramos

Comentarios

---



---



---

## Anexo 21 Análisis granulométrico del árido grueso



Granulometría del árido grueso	
Fecha:	10/4/2023
Nombre:	Alvarez Jenny - Cañizares Camila
Proyecto:	Trabajo de titulación
Laboratorio:	Universidad del Azuay

### Análisis Granulométrico

TAMIZ		MASA RETENIDA		PORCENTAJE		
		PARCIAL	ACUMULADO	RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PASANTE
Pulgadas	mm	gr	gr	%	%	%
3/4 "	19	0	0	0	0	100
1/2 "	12,5	1363	1363	68,15	68,15	31,85
3/8 "	9,5	515	1878	25,75	93,9	6,1
No. 4	4,75	119	1997	5,95	99,85	0,15
Base		3	2000	0,15	100	0
Total (gr)		2000				

Peso antes del ensayo:	2000	gramos
Peso después del ensayo:	1997	gramos

Comentarios

---



---



---