

**UNIVERSIDAD DE HUANUCO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**TESIS**

---

**“Eficacia del aprovechamiento sostenible de residuos sólidos orgánicos bagazo de caña (*Saccharum Officinarum*) y carrizo (*Phragmites Australis*) para la optimización del comportamiento mecánico de un concreto ecológico”**

---

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
AMBIENTAL**

**AUTOR: Del Aguila Santiago, Ñuler Alexannder**

**ASESORA: Valdivia Martel, Perfecta Sofia**

**HUÁNUCO – PERÚ**

**2025**

# U

## TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis ( X )
- Trabajo de Suficiencia Profesional( )
- Trabajo de Investigación ( )
- Trabajo Académico ( )

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Educación ambiental y ecoeficiencia

**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)**

## CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

**Área:** Ingeniería, Tecnología

**Sub área:** Ingeniería ambiental

**Disciplina:** Ingeniería ambiental y geológica

## DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

- Propio ( X )
- UDH ( )
- Fondos Concursables ( )

## DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 73376856

## DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 43616954

Grado/Título: Maestro en ingeniería con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible

Código ORCID: 0000-0002-7194-3714

## DATOS DE LOS JURADOS:

| Nº | APELLIDOS Y NOMBRES           | GRADO                                                                           | DNI      | Código ORCID        |
|----|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------------|
| 1  | Zacarias Ventura, Hector Raul | Doctor en ciencias de la educación                                              | 22515323 | 0000-0002-7210-5675 |
| 2  | Daga Mendoza, Mercy Yandy     | Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental | 46654021 | 0009-0009-0252-8304 |
| 3  | Cajahuanca Torres, Raul       | Maestro en gestión pública                                                      | 22511841 | 0000-0002-5671-1907 |

# D

# H



# UNIVERSIDAD DE HUANUCO

## Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) AMBIENTAL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 16:00 horas del día 18 del mes de noviembre del año 2025, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

- Dr. Hector Raul Zacarias Ventura (Presidente)
- Mg. Mercy Yandy Daga Mendoza (Secretario)
- Mg. Raul Cajahuanca Torres (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 2516-2025-D-FI-UDH** para evaluar la Tesis intitulada: **"EFICACIA DEL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS bagazo de caña (*Saccharum officinarum*) y carrizo (*Phragmites australis*) PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECANICO DE UN CONCRETO ECOLÓGICO"**, presentado por el (la) Bach. **DEL AGUILA SANTIAGO, ÑULER ALEXANNDER**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) Aprobado Por unanimidad con el calificativo cuantitativo de 16 y cualitativo de Bueno (Art. 47)

Siendo las 17:05 horas del día 18 del mes de Noviembre del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

Dr. Hector Raul Zacarias Ventura  
DNI: 22515329  
ORCID: 0000-0002-7210-5675  
Presidente

Mg. Mercy Yandy Daga Mendoza  
DNI: 46654021  
ORCID: 0009-0009-0252-8304  
Secretario

Mg. Raul Cajahuanca Torres  
DNI: 22511841  
ORCID: 0000-0002-5671-1907  
Vocal



## UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: ÑULER ALEXANNDER DEL AGUILA SANTIAGO, de la investigación titulada "EFICACIA DEL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS BAGAZO DE CAÑA (SACCHARUM OFFICINARUM) Y CARRIZO (PHRAGMITES AUSTRALIS) PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO ECOLÓGICO", con asesor(a) PERFECTA SOFIA VALDIVIA MARTEL, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 2287-2023-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 18 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 10 de noviembre de 2025



RICHARD J. SOLIS TOLEDO  
D.N.I.: 47074047  
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA  
D.N.I.: 71345687  
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

## 49. Ñuler Alexannder Del Aguila Santiago.docx

### INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1

[www.uca.edu.sv](http://www.uca.edu.sv)

Fuente de Internet

2%

2

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

1%

3

[1library.co](http://1library.co)

Fuente de Internet

1%

4

[hdl.handle.net](http://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

1%

5

[www.mincetur.gob.pe](http://www.mincetur.gob.pe)

Fuente de Internet

1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO  
D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA  
D.N.I.: 71345687

cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004



## **DEDICATORIA**

Agradecido con el divino creador, por otorgarme la fortaleza que preciso para seguir adelante en la búsqueda de esta meta.

A mis padres Ñuler y Teodora, por ser los padres excepcionales que el cielo me ofreció, por su respaldo inquebrantable en mi desarrollo tanto personal como profesional, enseñándome principios éticos y brindándome orientación, para avanzar en cada paso que doy.

A mi familia, quienes estuvieron a mi lado en las alegrías y dificultades que compartimos.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi institución educativa, la Universidad de Huánuco, por los años vividos en sus salones y por ser el lugar de formación de muchos otros huanuqueños como yo.

A todos los profesores del programa de Ingeniería Ambiental, por haber inspirado mi pasión y dedicación hacia esta profesión.

A mis jurados evaluadores, Dr. Héctor Raúl Zacarias Ventura, Mg. Frank Erick Cámara Llanos, Mg. Raúl Cajahuanca Torres y a mi asesora Mg. Perfecta Sofia Valdivia Martel por sus orientaciones y sugerencias durante el desarrollo de la presente investigación.

## INDICE

|                                              |      |
|----------------------------------------------|------|
| DEDICATORIA.....                             | II   |
| AGRADECIMIENTOS.....                         | III  |
| ÍNDICE.....                                  | IV   |
| ÍNDICE DE TABLAS.....                        | V    |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                       | VI   |
| RESUMEN.....                                 | VIII |
| ABSTRACT .....                               | IX   |
| INTRODUCCIÓN.....                            | X    |
| CAPÍTULO I.....                              | 12   |
| PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....              | 12   |
| 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....           | 12   |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....           | 13   |
| 1.3. OBJETIVO GENERAL .....                  | 14   |
| 1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....              | 14   |
| 1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN ..... | 14   |
| 1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....  | 15   |
| 1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....     | 16   |
| CAPÍTULO II.....                             | 17   |
| MARCO TEÓRICO .....                          | 17   |
| 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....  | 17   |
| 2.2. BASES TEÓRICAS.....                     | 24   |
| 2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES .....         | 37   |
| 2.4 HIPÓTESIS .....                          | 38   |
| 2.5. VARIABLES.....                          | 38   |
| 2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE .....          | 38   |
| 2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE.....             | 38   |
| 2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....   | 39   |



|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| CAPÍTULO III.....                                                        | 40 |
| MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....                                    | 40 |
| 3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....                                         | 40 |
| 3.1.1. ENFOQUE .....                                                     | 40 |
| 3.1. 2. ALCANCE O NIVEL .....                                            | 40 |
| 3.1. 3. DISEÑO.....                                                      | 41 |
| 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA .....                                           | 42 |
| 3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....               | 42 |
| 3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA<br>INFORMACIÓN..... | 56 |
| CAPÍTULO IV .....                                                        | 57 |
| RESULTADOS .....                                                         | 57 |
| CAPITULO V .....                                                         | 64 |
| DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....                                             | 64 |
| CONCLUSIONES .....                                                       | 66 |
| RECOMENDACIONES.....                                                     | 67 |
| REFERENCIAS .....                                                        | 68 |
| ANEXOS .....                                                             | 73 |

## INDICE DE TABLAS

|                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1 Porcentaje adecuado de reemplazo de RS.....                                                                     | 37 |
| Tabla 2 Operacionalización de variables .....                                                                           | 39 |
| Tabla 3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....                                                           | 42 |
| Tabla 4 Comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 5% de bagazo de caña.....  | 57 |
| Tabla 5 Comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 10% de bagazo de caña..... | 58 |
| Tabla 6 Comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 5% de carrizo .....        | 59 |
| Tabla 7 Comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 10% de carrizo .....       | 60 |
| Tabla 8 Prueba de normalidad de los datos con Shapiro Wilk .....                                                        | 62 |
| Tabla 9 Prueba de hipótesis con ANOVA de un factor intersujetos.....                                                    | 63 |
| Tabla 10 Valores finales de la FC comparados con la normativa planteada                                                 | 63 |

## INDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 Categorización de residuos orgánicos municipales según su fuente .....                                          | 26 |
| Figura 2 Sistematización general de residuos sólidos orgánicos según su naturaleza y/o características físicas .....     | 27 |
| Figura 3 Residuos Sólidos en el Perú.....                                                                                | 28 |
| Figura 4 Etapas fenológicas del cultivo de caña de azúcar.....                                                           | 30 |
| Figura 5 Dibujo esquemático del carrizo .....                                                                            | 31 |
| Figura 6 Ubicación de la cantera Figueroa .....                                                                          | 43 |
| Figura 7 Flujograma de procesos.....                                                                                     | 55 |
| Figura 8 Comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 5% de bagazo de caña.....  | 58 |
| Figura 9 Comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 10% de bagazo de caña..... | 59 |
| Figura 10 Comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 5% de carrizo.....        | 60 |
| Figura 11 Comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 10% de carrizo.....       | 61 |

## RESUMEN

El presente estudio titulado: Eficacia del aprovechamiento sostenible de Residuos Sólidos Orgánicos bagazo de caña (*Saccharum officinarum*) y carrizo (*Phragmites australis*) tiene por **objetivo** evaluar cuan óptimo es el empleo del residuo de caña y del carrizo como componente adicional en la fabricación de un concreto ecológico. El estudio fue de naturaleza prospectiva, analítica, con intervención y longitudinal. Como **metodología** para este estudio se evaluó el comportamiento mecánico de un concreto ecológico a partir de bagazo de caña y carrizo. Las probetas de concreto fueron producidas bajo condiciones estrictas y controladas, respetando los criterios establecidos en la Norma E.060 de Concreto Armado vigente para el diseño, elaboración, curado y posterior ensayo de resistencia del concreto a la compresión. Se produjeron 27 probetas, de las cuales, se usaron 3 probetas como grupo control y las demás pertenecieron al grupo experimental, creando cuatro grupos (B 5%, B 10%, C 5%, C 10%), los cuales se les añadió fibras de bagazo de caña y carrizo al 5% y 10%, los cuales se sometieron a pruebas de resistencia a la compresión a los 7 días, 14 días y 28 días para un concreto de resistencia  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>. Como **resultados** se obtuvo que dos grupos experimentales B 5% (234.00 kg/cm<sup>2</sup>) y C 5% (227.5.00 kg/cm<sup>2</sup>) poseen las características adecuadas con respecto a un concreto de resistencia  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, por ende, se toma a bien la hipótesis planteada. Se **concluye** que la incorporación de fibras de bagazo de caña y carrizo en un 5% resulta ideal para un concreto sostenible con resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

**Palabras clave:** Concreto ecológico, bagazo de caña de azúcar, carrizo, construcción sostenible, comportamiento mecánico.

## ABSTRACT

This study, entitled: Effectiveness of the sustainable use of solid organic waste from sugarcane bagasse (*Saccharum officinarum*) and reed (*Phragmites australis*), aims to evaluate the optimal use of sugarcane bagasse and reed as additives in the production of ecological concrete. The study was prospective, analytical, interventional, and longitudinal in nature. The methodology for this study involved evaluating the mechanical behavior of eco-friendly concrete made from sugarcane bagasse and reed. The concrete test specimens were produced under strict and controlled conditions, in accordance with the criteria established in the current E.060 Reinforced Concrete Standard for the design, production, curing, and subsequent testing of concrete compressive strength. Twenty-seven test specimens were produced, of which three were used as a control group and the rest belonged to the experimental group, creating four groups (B 5%, B 10%, C 5%, C 10%), to which 5% and 10% cane bagasse and reed fibers were added. These were subjected to compressive strength tests at 7 days, 14 days, and 28 days for concrete with a strength of  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>. The results showed that two experimental groups, B 5% (234.00 kg/cm<sup>2</sup>) and C 5% (227.5.00 kg/cm<sup>2</sup>), have the appropriate characteristics with respect to concrete with a strength of  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, therefore, the hypothesis is accepted. It is concluded that the addition of 5% sugarcane bagasse and reed fibers is optimal for ecological concrete with a strength of 210 kg/cm<sup>2</sup>.

**Keywords:** Ecological concrete, sugarcane bagasse, common reed, sustainable construction, mechanical performance.

## INTRODUCCIÓN

La gestión de residuos orgánicos representa uno de los desafíos ecológicos más significativos en la actualidad. Cada año, toneladas de subproductos agrícolas y agroindustriales son desechadas sin aprovechamiento, generando impactos negativos en el medio ambiente y contribuyendo a problemas como la degradación en las condiciones del suelo y la acumulación de gases que generan el efecto invernadero. Ante esta situación, el uso nuevamente de estos recursos en sectores industriales, como la edificación, se muestra como una solución clave para reducir el desperdicio y promover la sostenibilidad.

El bagazo de caña y el carrizo son dos residuos orgánicos que, pese a su potencial, han sido subutilizados en procesos productivos. Ambos materiales poseen propiedades estructurales que pueden ser utilizadas en la producción de concreto, convirtiendo dichos residuos en materiales útiles para el sector constructivo. La inclusión de desechos orgánicos en las mezclas de concreto no solo favorece la disminución del volumen de residuos producidos, sino que además fomenta la economía circular al dar un nuevo propósito a materiales que tradicionalmente han sido considerados descartables.

Este estudio tuvo como propósito analizar la factibilidad de incorporar bagazo de caña y carrizo como elementos en la composición del concreto, examinando su efecto en las características mecánicas y estructurales del material. Mediante un método experimental, se pretendió establecer el potencial de dichos residuos para incrementar la eficiencia del concreto, disminuir la dependencia de agregados tradicionales y aportar ventajas ambientales al reducir la cantidad de desechos orgánicos.

Además de su importancia técnica, esta investigación pretendió fortalecer la conexión entre la ingeniería civil y la administración sostenible de residuos, aportando al progreso de sistemas constructivos más comprometidos con el entorno ambiental. El aprovechamiento de materiales orgánicos no solo disminuye el volumen de residuos producidos, sino que también posibilita el surgimiento de alternativas innovadoras dentro del sector de la construcción, fomentando prácticas más eficientes y ecológicas.

Con el avance de esta investigación, se proporcionó una opción factible y asequible para la disminución de desechos orgánicos, demostrando que es posible transformar materiales descartados en insumos útiles para la infraestructura.

Toda la información obtenida en esta investigación podrá servir de referencia para la aplicación de metodologías similares en distintos sectores productivos, impulsando el desarrollo de modelos sustentables para la gestión de desechos orgánicos.



# **CAPÍTULO I**

## **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

Sofía Montero (2023), especialista en ingeniería ambiental, plasma que la administración la gestión de residuos sólidos se considera un asunto esencial en la actualidad debido a su impacto negativo en los ecosistemas y en la calidad de vida de las personas. La ausencia de una adecuada administración de desechos puede provocar serias repercusiones tanto a nivel local como global, tales como la contaminación existente en la atmósfera, los recursos hídricos y el terreno, el incremento de enfermedades y la disminución del bienestar de la población.

En otro aspecto, según INAGEP, (2023), la palabra basura tiene implicaciones desfavorables: alude a los elementos indeseados que surgen de las acciones humanas. El desecho puede interpretarse como cualquier sustancia u objeto que los humanos desechan sin considerar sus repercusiones. Los desechos abarcan residuos tanto sólidos como líquidos, y pueden agolparse en lugares abiertos al público. A pesar de que muchas personas consideran que los residuos son iguales sin importar su origen, en realidad, el manejo de desechos es un desafío global.

El asunto de la administración de residuos sólidos genera un alto interés y alarma entre los organismos, entidades y la sociedad, que ven un riesgo real para el bienestar de la población. La expansión industrial y el aumento de los habitantes han provocado un aumento continuo en la producción de residuos sólidos; asimismo, su composición se torna más variada con el paso del tiempo, señala el Ph. D. Medina, (1999).

Según Sarmiento, (2015) menciona que el Ministerio del Ambiente en Perú reportó que entre 2010 y 2011, el volumen de desechos sólidos creció en un 20%, pasando de seis millones de toneladas a 7,2 millones de toneladas. Del mismo modo, la producción de residuos sólidos por persona aumentó en un 17%, subiendo de 0. 52 kg/ha/día en 2010 a 0. 61 kg/habitante/día en 2011.

De acuerdo con Yanett Rodríguez (2020), resalta la relevancia de la gestión de residuos sólidos entre los estudiantes al señalar que la situación vinculada al manejo de desechos en la región centroamericana presenta, en términos generales, un panorama alarmante. Los residuos se amontonan en carreteras, calles y ríos, o son quemados al aire libre sin control, mientras que los vehículos destinados a su recolección se encuentran en mal estado. Los lugares de disposición final resultan inadecuados y las labores de manejo carecen de eficiencia. Asimismo, las administraciones locales disponen de recursos limitados para abordar esta problemática.

De manera similar Gonzales & Yui, (2023) mencionan que el aumento en la necesidad del ámbito constructivo está promoviendo el uso interno de los variados materiales de construcción, siendo el cemento un elemento clave como aglutinante en la elaboración de concreto. Elementos tales como su capacidad para adaptarse a diversas formas, el costo de producción reducido, la accesibilidad de las materias primas y su papel en la resistencia de las edificaciones, han llevado al concreto y al cemento a ser los materiales de construcción más solicitados y producidos.

Por esta razón, se tiene en cuenta la posibilidad de aprovechar los desechos orgánicos producidos, como el residuo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y el carrizo (*Phragmites australis*).

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **PROBLEMA GENERAL**

¿Cuál es la optimización del aprovechamiento sostenible de residuos sólidos orgánicos bagazo de caña (*Saccharum officinarum*) y carrizo (*Phragmites australis*) para la medición del comportamiento mecánico de un concreto ecológico?

### **PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

¿Cómo es el comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 5% de bagazo de caña (*Saccharum officinarum*)?

¿Cómo es el comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 10% de bagazo de caña (*Saccharum officinarum*)?

¿Cómo es el comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 5% de carrizo (*Phragmites australis*)?

¿Cómo es el comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 10% de carrizo (*Phragmites australis*)?

### **1.3. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la optimización del aprovechamiento sostenible de residuos sólidos orgánicos, bagazo de caña (*Saccharum officinarum*) y carrizo (*Phragmites australis*) para la medición del comportamiento mecánico de un concreto ecológico.

### **1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Describir el comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 5% de bagazo de caña (*Saccharum officinarum*).

Describir el comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 10% de bagazo de caña (*Saccharum officinarum*).

Describir el comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 5% de carrizo (*Phragmites australis*).

Describir el comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 10% de carrizo (*Phragmites australis*).

### **1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El presente trabajo se sitúa dentro del marco general de la educación ambiental y la ecoeficiencia, con el objetivo de impulsar la conciencia, los valores y las acciones que favorezcan la participación activa de la comunidad en los procesos de toma de decisiones. Su propósito es promover la adopción de conductas ambientales que contribuyan al uso responsable de los recursos naturales y a la reutilización de los residuos sólidos, orientados hacia la

sostenibilidad. Impulsar la participación comunitaria y la educación ambiental: Los métodos participativos en las iniciativas locales de sostenibilidad y las estrategias educativas para la sostenibilidad.

Es de conocimiento que este tipo de residuos orgánicos tienen una disposición final no adecuada, ya que generalmente terminan quemándolos y generando gases responsables del efecto invernadero y, por consiguiente, contaminación de aire.

También sabemos que las demandas concernientes a la construcción aumentan cada día más y se necesita más material que hoy en día tienen un costo ligeramente alto.

Con este estudio se deseó ampliar el uso de las diferentes características que tienen estos residuos orgánicos (bagazo de caña y carrizo) como vienen a ser su dureza, resistencia y demás; y se llevó al nivel de las construcciones ecológicas de bajo costo siendo fácil de obtener, convirtiéndose en un material de construcción sostenible. También teniendo una salida más para la disposición final de éstos.

## **1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

Se tuvo limitaciones económicas para poder abarcar un espectro más amplio del comportamiento del concreto ecológico en diversas situaciones.

Se tuvo ciertas limitaciones de tiempo por cuestiones de trabajo.

Se tuvo que realizar un molino casero, ya que, en la ciudad de Huánuco no se encontró una empresa que acepte moler estos residuos materiales orgánicos como el bagazo de caña y carrizo, esto también generó un gasto económico extra a lo planeado.

Si bien, se realizaron las probetas en la Universidad de Huánuco, la prensa hidráulica del laboratorio de la Universidad de Huánuco sufrió un desperfecto antes de iniciar con la rotura de las probetas, por ende, generó un costo fuera de lo planeado porque se necesitó trasladar las probetas a otro laboratorio para poder realizar la rotura de éstas.

## **1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

Se obtuvo del material orgánico (bagazo de caña y carrizo) a un costo mínimo.

Los materiales requeridos para la investigación (arena, cemento y agregado grueso) se encontraron a un precio accesible en la misma ciudad de Huánuco.

El estudio se llevó a cabo en el laboratorio de la Universidad de Huánuco, ya que cuenta con laboratorios especializados y certificados con respecto a las pruebas necesarias para la ejecución del estudio actual.

Se encontró otro laboratorio en la ciudad de Huánuco a un costo accesible para seguir con la investigación, la rotura de probetas.

Se obtuvieron los resultados en un período corto, ya que, según norma, el último intervalo de tiempo para la rotura de probetas es a los 24 días.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Vaca (2022) en su estudio: “*Estudio de la resistencia a la compresión del concreto con sustitución parcial del cemento mediante huesos de animales calcinados y pulverizados*” tiene por **propósito** examinar las cualidades mecánicas de las muestras de hormigón, integrando cenizas de huesos cremados durante la combinación como un sustitución parcial del cemento hidráulico tipo GU en varias proporciones, alcanzando una resistencia a la compresión de 24 MPa a los 28 días, con el propósito de contrastar los resultados con la compresión simple de cilindros pertenecientes a una mezcla tradicional. En la mezcla de concreto que incluye el reemplazo, se empleará ceniza de hueso calcinada a 600, 900 y 1200 °C durante una hora, aplicando porcentajes del 10, 12.5 y 15 % para cada una de dichas temperaturas. La finalidad de esta investigación es disminuir el impacto ambiental generado por este tipo de desechos (restos animales), cuya principal procedencia son los mercados cárnicos y los mataderos donde se desarrollan estos procesos, donde se producen mayores cantidades de desechos orgánicos. El **análisis** de la sección experimental comienza con la exposición de los huesos a distintas temperaturas de calcinación con el propósito de eliminar los compuestos orgánicos que podrían influir en el rendimiento del concreto. Luego, se procede a triturar y pulverizar el material de manera manual o mecánica, para pasarlo a través de un tamiz No 200 y así obtener la finura adecuada para reemplazar de manera parcial el cemento. Se fabricaron un total de 30 muestras, de las cuales tres eran de dosificación estándar; nueve muestras contenían ceniza de hueso calcinada a 600 °C, otras nueve a 900 °C, y las últimas nueve a 1200 °C. Los **resultados** se fundamentan en la evaluación de la compresión de las muestras de acuerdo al porcentaje de sustitución y la temperatura empleada en el proceso de calcinación, contrastándola con la resistencia convencional establecida. Asimismo, se realiza un análisis económico para determinar la viabilidad o conveniencia de

incorporar dicha materia prima en el procedimiento constructivo. En **conclusión**, considerando el enfoque de la norma ACI 211. 1 para el diseño de concreto común, se logró alcanzar la resistencia requerida de 24 MPa como indica la normativa a los 28 días, utilizándolo como base para el estudio actual.

Márquez et al. (2022) en su estudio: *“Empleo del bagazo proveniente de la caña de azúcar (BCA) como agente estabilizador en bloques huecos elaborados con mortero de cemento y arena”* indica que Bagazo de Caña de Azúcar (BCA) hace alusión a los desechos agrícolas generados en grandes volúmenes durante la elaboración de azúcar o panela en México. Se efectuó un registro de la producción de caña de azúcar tanto a nivel estatal como nacional, BCA utiliza un 40% de biomasa, un 30% como compost y un 30% no tiene un uso específico, convirtiéndose así en contaminación tanto en suelo, aire y agua, adicionalmente quemando un 30% de residuos, lo que produce emisiones de CO<sub>2</sub>, sin obtener otros beneficios. El **objetivo** el propósito de esta investigación consistió en utilizar el BCA como componente estabilizador dentro de la mezcla de cemento y arena destinada a la elaboración de bloques experimentales, a través de una **metodología** de cinco etapas; basándonos en la investigación de Moreno (2011), Cordeiro (2012) y sustentados por la norma NTC, (2014). El **resultado** de resistencia a la resistencia a la compresión del bloque de control (producido de manera artesanal convencional) y el bloque de prueba indicó una variación de 1. 3 kg/cm<sup>2</sup> a favor del bloque de prueba, lo que permite deducir que este tipo de bloque resulta apropiado para emplearse en la construcción de muros divisorios, conforme a lo establecido por la norma NTC (2014).

Según Varas & Areche (2021) en su estudio: *“Desempeño mecánico del adoquín de concreto con la incorporación de desechos orgánicos provenientes del maíz”*, menciona que los bloques de concreto son componentes utilizados en la edificación de superficies situadas en zonas urbanas, mercados, viviendas y destinadas al tránsito peatonal, así como en caminos, parques y espacios públicos, entre otros. Estos componentes se fabrican empleando cemento, arena, agua y diversos materiales de origen natural. Un recurso incluido en esta mezcla es la fibra obtenida de la hoja del

maíz. Al incorporar la viruta de esta hoja en el bloque de concreto, se origina un producto que es a la vez de alta calidad y respetuoso con el entorno. El **propósito** fundamental de esta investigación es examinar el desempeño mecánico de los adoquines de concreto elaborados con desechos orgánicos provenientes del maíz. La **metodología** utilizada en este estudio es experimental y se basa en enfoques cuantitativos. Se fabricaron 48 adoquines distribuidos equitativamente, con resistencias de  $f'c=250\text{kg/cm}^2$  y  $f'c=300\text{kg/cm}^2$ . Esto se realizó de acuerdo con las normas establecidas en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 3040-2016 para Adoquines de concreto, así como la Norma INEN 1485, la cual se encarga de medir la capacidad de soportar esfuerzos de compresión, tras la incorporación de las virutas procedentes de las hojas de maíz, se descubrió que, al disminuir la cantidad de dichos residuos, las muestras tenían un buen aspecto en cuanto a forma y tamaño, y la cohesión entre los materiales también mejoró. En **conclusión**, el rendimiento mecánico de los adoquines produjo los siguientes resultados: 24,54 Mpa y 250,25 kg/cm<sup>2</sup>, con un porcentaje de absorción de 6,08 % y un peso de 1,3 kg, lo que sugiere que los adoquines presentan un límite de ruptura y resistencia a la compresión que cumplen con las normas técnicas ecuatorianas, resultando de este modo elementos de alta calidad, con menor peso y carácter ecológico.

## ANTECEDENTES NACIONALES

Ibañez & Flores (2023) en su estudio: *“Elaboración de un concreto con una resistencia  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$  mediante el empleo de ceniza de bagazo de caña de azúcar y PET, como opción destinada a reducir la explotación excesiva de los depósitos naturales de agregados y materiales cementicios en Lima Metropolitana”* indica que este estudio busca ofrecer una alternativa para que el lector utilice las características del PET y de la ceniza proveniente del bagazo de caña dentro del ámbito de la construcción. El estudio tiene como **propósito** sustituir los insumos convencionales que se obtienen de manera excesiva en los yacimientos naturales de Lima. La **metodología** adoptada se basa en reciclar el PET, así como la ceniza del bagazo de caña, utilizándolos como componentes aditivos dentro de la mezcla de concreto en lugar de los agregados gruesos y el cemento, logrando así una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>



después de después de un periodo de curado de 28 días, con el propósito de evaluar los efectos de la incorporación de PET y ceniza de bagazo, se elaboraron tres tipos de mezclas de concreto. La primera correspondió al concreto de referencia, la segunda incluyó un 2 % de PET y un 15 % de ceniza de bagazo, mientras que la tercera presentó un 4 % de PET junto con el mismo 15 % de ceniza. Los **resultados** demostraron que la mezcla con 2 % de PET y 15 % de ceniza de bagazo alcanzó una resistencia mayor que el concreto patrón de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Asimismo, se evidenció que, al incrementar la proporción de PET, la resistencia del concreto tiende a disminuir. Para **concluir**, se señaló que la aplicación de esta alternativa en proyectos constructivos en Lima permitiría reducir la explotación de los depósitos naturales de agregados.

Para Portugués (2023), en su estudio: *“Análisis del concreto ecológico mediante la inclusión de desechos orgánicos y materiales reutilizables, Cañete – 2021”* señala que en la actualidad, el aumento de la contaminación ambiental se ha transformado en un asunto de gran relevancia para la sociedad. En el área de Cañete, la polución es tangible puesto que es una de las provincias que más productos agrícolas envía al exterior. Ante la contaminación que afecta esta zona, se pretende hallar una alternativa frente al problema presente. El **propósito** de este estudio es analizar las características físicas y mecánicas del concreto ecológico al integrar desechos orgánicos y materiales reciclables. Se emplea una **metodología** que comienza con el diseño del concreto y la recopilación de los materiales necesarios, seguida por la ejecución de pruebas en un ambiente de laboratorio. En esta investigación se elabora un total de 81 muestras para estudiar sus propiedades, lo que convierte a este esfuerzo en un trabajo práctico bajo un enfoque cuantitativo y un nivel correlacional. La investigación se centra en examinar las propiedades físicas y mecánicas del concreto ecológico, y los resultados indican que las características físicas influyen de manera significativa en los valores correspondientes a cada porcentaje. Respecto a las propiedades mecánicas, se **concluye** que se logran resultados positivos que evidencian una influencia notable en cada porcentaje evaluado.

De acuerdo a Ruiz (2022) en su estudio: *Influencia del reemplazo parcial de arena por desechos orgánicos de coco en las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal Tipo I, considerando las condiciones propias de la cantera, El Frutillo Bajo, Chota, 2022*. Indica que la fabricación de ladrillos requiere el uso de materiales no renovables; por ello, es fundamental explorar opciones que puedan sustituir parcial o totalmente una o más de las materias primas empleadas. El **propósito** consistió en analizar el efecto de reemplazar parte de la arena por residuos orgánicos de coco en las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal Tipo I, considerando las condiciones de la cantera El Frutillo Bajo y siguiendo la norma E.070 (MVCS, 2006). En el aspecto **metodológico**, se fabricaron 150 ladrillos compuestos por un 90 % de suelo arcilloso y un 10 % de arena de dicha cantera, reemplazando la arena por residuos de coco triturado en proporciones de 0 %, 3 %, 5 %, 10 % y 15 % según su peso, con un tamaño máximo de partícula de 2,00 m.m. Los **hallazgos** muestran que los ladrillos cumplen con las dimensiones y deformaciones establecidas en la norma E.070 (MVCS, 2006); sin embargo, se evidencia un incremento en la absorción de agua a medida que aumenta la cantidad de residuos de coco, de modo que los ladrillos con más del 10 % de este material superan el límite máximo de absorción (22 %). Asimismo, la resistencia a la compresión unitaria disminuye conforme se incrementa la proporción de residuos de coco, por lo que los ladrillos con más del 5 % no alcanzan la resistencia mínima exigida (50 kg/cm<sup>2</sup>). Las columnas elaboradas con ladrillos que contienen 0 %, 3 % y 5 % de residuos de coco cumplen con la resistencia axial mínima (35 kg/cm<sup>2</sup>), aunque solo los muros contruidos con ladrillos sin residuos y con un 3 % de residuos superan la resistencia al corte diagonal de 5,1 kg/cm<sup>2</sup>. Se concluye que la incorporación de residuos de coco en la fabricación de ladrillos disminuye sus propiedades mecánicas, aunque es posible incorporar hasta un 3% de este material en lugar de arena y aun así cumplir con las características físico-mecánicas requeridas por la norma E. 070 (MVCS, 2006).

## **ANTECEDENTES LOCALES**

Para Mallqui (2023), en su estudio: *Características mecánicas del concreto estructural con la incorporación de ceniza de palma aceitera como*

*reemplazo parcial del cemento, Huánuco – 2022* indica que en años recientes se han llevado a cabo numerosas indagaciones con el **objetivo** de encontrar nuevos materiales cementosos adicionales, buscando disminuir la cantidad de cemento requerida en la producción del concreto, debido a que los procesos asociados con su fabricación representan uno de los principales factores del cambio climático y de las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub>. En este sentido, la investigación se orientó a examinar las propiedades mecánicas del concreto convencional con una resistencia de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , reemplazando parcialmente el cemento por un subproducto industrial, la ceniza de palma aceitera, con el propósito de incrementar la sostenibilidad en este ámbito. El estudio adoptó un diseño experimental con enfoque cuantitativo y nivel explicativo. Se sustituyó el cemento en proporciones de 5%, 10% y 15% de su masa, incorporando la ceniza de palma aceitera, y se efectuaron ensayos a los 7, 14 y 28 días utilizando 72 cilindros y 36 prismas como muestras. Los resultados de compresión mostraron que las mezclas con 5% y 10% de ceniza de palma superaron la mezcla de control en un 2.34% y 7.25%, respectivamente. En los ensayos de tracción, las mismas proporciones superaron al concreto de referencia en un 1.58% y 4.47%. En cuanto a la prueba de flexión, solo la mezcla con 5% de ceniza de palma resultó más eficiente que la de control, registrando un incremento del 3.25%. En **síntesis**, aunque la hipótesis no fue confirmada, se evidenció un efecto favorable en la resistencia a la compresión y a la tracción al sustituir el 10% de cemento con ceniza de palma, mientras que solo un 5% de esa ceniza tuvo un efecto positivo en la flexión.

Como antecedente local, tenemos a Cueva & Ynga (2022), en su estudio: *Uso de la fibra y el jugo de maguey (Agave americana) para optimizar las propiedades físicas y mecánicas de la mampostería de adobe tradicional en el Centro Poblado de Pichipampa – Huánuco – 2021*. Este estudio tuvo como objetivo examinar la influencia de la fibra de maguey en las propiedades mecánicas y determinar cómo el jugo de maguey incide en las características físicas del adobe, con la finalidad de mejorar la durabilidad de las viviendas en la zona de Pichipampa – Huánuco. La **metodología** se clasificó como aplicada, con un enfoque cuantitativo; el estudio fue de tipo experimental y el

*diseño también se consideró experimental. Para la validación del trabajo, se realizaron distintos ensayos según las normas E. 080. Se realizaron pruebas iniciales en campo que incluyeron controles de calidad del suelo (análisis del barro y detección de arcillas), así como análisis de laboratorio iniciales como la granulometría. En el laboratorio, se llevaron a cabo pruebas mecánicas como compresión unitaria, compresión en pilas y pruebas de tracción indirecta (murete); para estas pruebas, se utilizaron seis muestras para cada proporción de fibra de maguey de 0. 00%, 0. 125%, 0. 250% y 0. 375%, eligiendo luego las cuatro mejores muestras en cada proporción siguiendo las pautas de la Norma E. 080. Los **resultados** fueron contrastados con los adobes estándar, denominados muestras patrón (Mo), con el fin de determinar la magnitud de las variaciones generadas por la variable X1: fibra de maguey. A partir de los ensayos mecánicos se estableció que la dosificación más eficiente de fibra de maguey correspondió a  $D = 0.250\%$ , alcanzando una resistencia de  $25.88 \text{ kg/cm}^2$ , lo que representa un incremento del  $140.63 \%$  en la compresión unitaria; asimismo, se obtuvo una resistencia de  $10.70 \text{ kg/cm}^2$ , equivalente a un aumento del  $139.99 \%$  en la compresión de pilas, y en la tracción indirecta se registró un valor de  $1.13 \text{ kg/cm}^2$ , evidenciando una mejora del  $123.22\%$  respecto al adobe tradicional (muestra patrón). Se **concluye**, según la hipótesis general y los resultados de laboratorio, la adición de fibra de maguey al adobe tradicional incrementa de forma significativa sus propiedades mecánicas, tales como la resistencia a la compresión unitaria, la compresión en pilas y la tracción en muretes, así como que la adición del zumo de maguey ajusta de manera significativa sus características físicas (absorción y succión), ratificando así la hipótesis general.*

Santos (2021) en su estudio: *“Efecto del método de compactación sobre la resistencia a la compresión y la permeabilidad del concreto ecológico en la provincia de Huánuco, 2019”* el **propósito** de este análisis es examinar las distintas clasificaciones de sistemas para compactar concreto ecológico, que se distingue por su porosidad. La intención es investigar cómo esta característica influye en su resistencia a la compresión y permeabilidad, con el propósito de optimizar las propiedades de esta estructura, cuyo desarrollo se fundamentará exclusivamente en ensayos de laboratorio que respalden el

marco teórico. A lo largo de los años se ha estado trabajando en el desarrollo de concretos porosos o sin finos, conocidos inicialmente como "previous concrete" en inglés. Estos materiales son útiles en caminos peatonales y en el soporte de vehículos ligeros debido a su aptitud para dejar que el agua atraviese su estructura. La **metodología** aplicada se centró en evaluar este tipo de material altamente poroso en Perú, ya que su uso en áreas permeables facilita que el agua pluvial penetre en lugar de acumularse en la superficie, dado que el concreto ecológico o permeable presenta excelente conductividad hidráulica. No obstante, esta técnica aún es poco familiar y estudiada en nuestra región, ya que no se utiliza en la construcción, lo que hace urgente su adopción para proteger y mejorar nuestro entorno. Los hallazgos sugieren que, al integrar estructuras ecológicas en Huánuco, podríamos disminuir progresivamente la polución presente en nuestra comunidad causada por diversos insumos empleados en la edificación tradicional, promoviendo así beneficios con bajo impacto ambiental y logrando un balance ambiental. En consecuencia, se **concluye** que utilizando concreto permeable, no sería necesario realizar futuras inversiones en soluciones costosas para la gestión de escorrentías de aguas pluviales.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **RECICLAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS**

Hay numerosas definiciones de desechos sólidos; por ejemplo, la Ley General de Residuos Sólidos de Perú-LECCIÓN N° 27314-2000, en su artículo 14 describe los desechos sólidos se definen como aquellos materiales, productos o subproductos en estado sólido o semisólido que el productor está obligado a disponer según la normativa nacional. La información relacionada con la salud y el entorno ambiental se gestionará dentro de un marco que incluya los ciclos o actividades pertinentes, que incluyen: reducción de desechos, aislamiento de fuentes, reutilización, almacenamiento, capacidad, distribución, transporte, tratamiento y, finalmente, eliminación. Además, el Instituto Peruano de Derecho Ambiental (2009) define los desechos sólidos como cualquier sustancia o producto en forma sólida que pueden ser reutilizados o que no tienen posibilidad de reutilización.

Los desechos sólidos pueden ser categorizados de diversas formas, sin embargo, en este momento nos enfocamos en la clasificación de los desechos orgánicos.

Los desechos orgánicos se originan a partir de la vegetación y de las labores de poda, comprendiendo restos de hojas, flores, tallos, pasto y elementos semejantes. Asimismo, abarcan los desperdicios alimenticios como cáscaras y sobrantes de frutas, verduras, granos y otros. Este tipo de residuos constituye el 56 % del total generado en el país. (MINAM, 2023)

### **CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS**

PROGRAMA DE GESTIÓN URBANA (2003) sostiene que hay varias maneras de clasificar estos residuos, pero las más significativas se reconocen según su origen, características o propiedades reales.

Según la fuente de origen del RRSS:

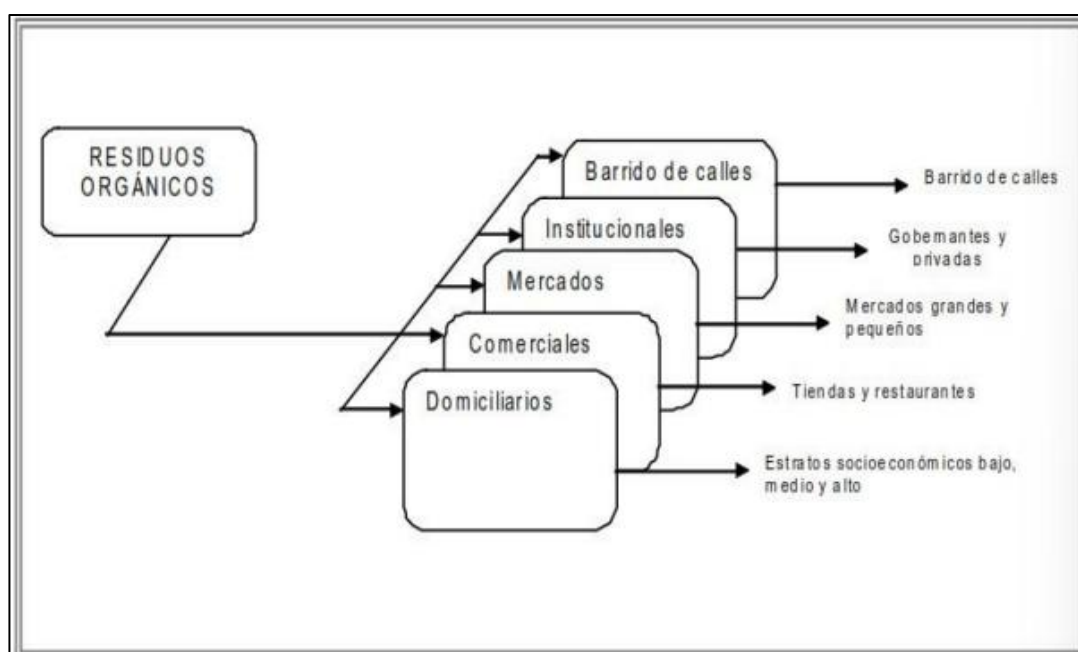
- Residuos sólidos orgánicos de limpieza vial: Proponemos depositar los residuos en los contenedores públicos de esta categoría, ya que incluye diversos tipos de desechos, desde sobras de frutas hasta papel y plástico. En este sentido, debido a la dificultad de llevar a cabo una clasificación física, su utilización es más restringida.
- Residuos sólidos orgánicos en instituciones: Desechos originados en entidades tanto públicas como privadas. Su rasgo más notable son los desechos de alimentos que incluyen papel y cartón, así como los servicios de comida de las instituciones.
- Residuos sólidos de mercados: Se refiere a los desechos generados en los mercados de comida y otros lugares de venta de alimentos, los cuales se generan en grandes volúmenes. Representa una valiosa fuente de materia orgánica, ideal para la fabricación de compost y el desarrollo de fertilizantes orgánicos.
- Residuos sólidos orgánicos provenientes de negocios: Se originan en locales comerciales (como tiendas y restaurantes). Debido a la clase de servicios ofrecidos por estos lugares (como la venta de comidas), los restaurantes generan la mayor cantidad de desechos orgánicos. Necesitan

un manejo particular porque pueden ser una fuente valiosa para la alimentación de cerdos (tras el tratamiento).

- Residuos sólidos orgánicos producidos en el hogar: Son desechos de origen doméstico cuyas propiedades pueden diferir, pero que se componen principalmente de restos de comidas cocinadas, hortalizas, frutas, restos de jardinería y papel desechado. Ofrecen un gran potencial para ser utilizados en varias áreas del país.

**Figura 1**

*Categorización de residuos orgánicos municipales según su fuente*



*Nota.* Adaptado del programa de gestión urbana, 2003.

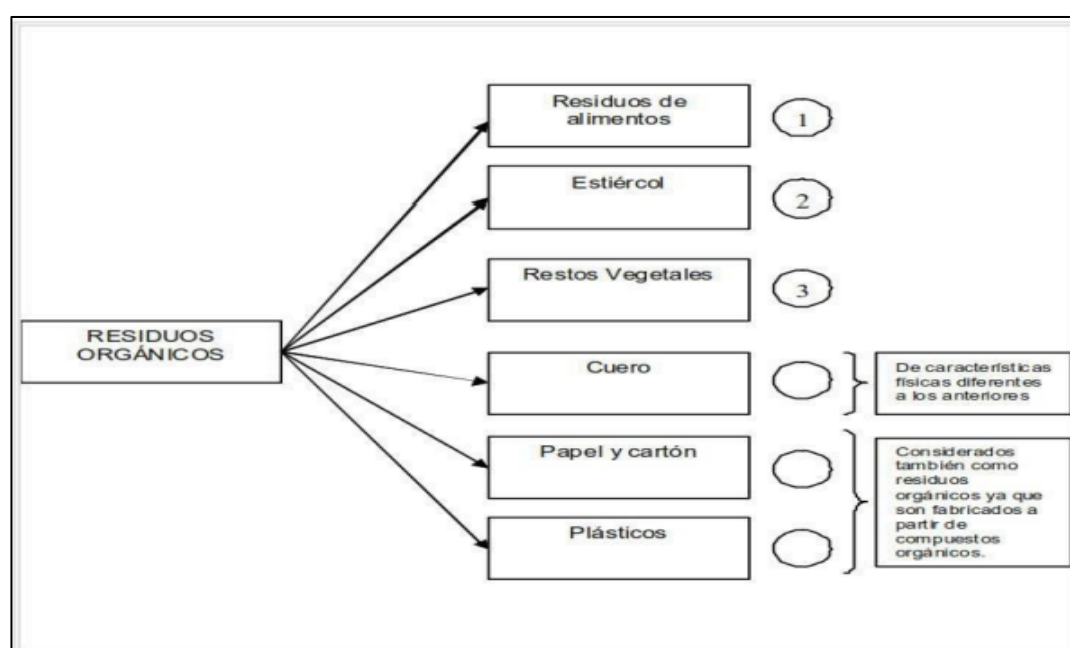
Según su composición y/o propiedades físicas:

- Residuos de comida: Proviene de varios orígenes, incluyendo cafeterías, comedores, hogares y otros establecimientos donde se comercializa alimento.
- Restos plantas: Se refiere a los sobrantes de la poda de jardines y otras zonas con vegetación; también se incluyen los residuos generados durante la cocina, pero que no han pasado por procesos de cocción, tales como cáscaras, legumbres y más.
- Papel y cartón: Tienen una notable habilidad para ser reciclados, no obstante, estos desechos no serán el foco de análisis en esta investigación.

- Cuero: Tienen una notable habilidad para ser reciclados, no obstante, estos desechos no serán el foco de análisis en esta investigación.
- Plásticos: Todos son residuos provenientes de fuentes orgánicas, pero todos están compuestos por sustancias químicas como el etanol (que forma parte de (un elemento del gas natural) y también de algunos subproductos del petróleo.

**Figura 2**

*Sistematización general de residuos sólidos orgánicos según su naturaleza y/o características físicas*



*Nota.* Adaptado del programa de gestión urbana, 2003.

## **APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS**

Huiman, (2023), informa que, según el Sistema de Información de Gestión de Residuos Sólidos (Sigersol), en el año 2021, la producción promedio de residuos sólidos por persona alcanzó los 0.58 kg diarios por habitante, mientras que en las zonas urbanas esta cifra se elevó a 0.83 kg por habitante al día. Durante ese periodo, se generó un total de 8,214,355.90 toneladas de residuos sólidos municipales, lo que equivale a 22,505.08 toneladas diarias. La composición de estos desechos correspondió a un 56.70 % de residuos orgánicos, 20.94 % de inorgánicos, 12.66 % de no recuperables y 9.71 % de residuos peligrosos.



En otro aspecto, el 77.64 % de los residuos producidos presenta un elevado potencial de aprovechamiento, equivalente a 6,377,453.94 toneladas. En 2021, mediante un programa de incentivos orientado a mejorar la gestión municipal, 731 localidades consiguieron reciclar los residuos orgánicos, mientras que 245 se enfocaron en la valorización de los desechos inorgánicos, representando el 39 % del total de municipios. En conjunto, se reciclaron únicamente 68,245.87 toneladas de residuos orgánicos y 80,250.76 toneladas de inorgánicos, lo que corresponde al 1.80 % del total generado.

**Figura 3**

*Residuos Sólidos en el Perú*



*Nota.* Adaptado de la opinión “Situación actual de los residuos sólidos”

## **TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS**

Hay técnicas para manejar estos desechos, que abordan de manera parcial la cuestión de los residuos y requieren un tiempo considerable.

- **Compostaje:** El proceso de tratamiento del suelo representa un ciclo natural significativo que, en presencia de oxígeno, convierte los residuos biodegradables en sustancias estables y desinfectadas mediante condiciones controladas de aire, humedad y temperatura. Este tratamiento puede ser empleado como un producto natural. La fertilización del ciclo de suelo imita el cambio natural que ocurre en la naturaleza y puede uniformar

el material, disminuir su peso y tamaño, además de depurarlo. Este procedimiento contribuye a reincorporar la materia orgánica al terreno, reanudando su circulación en el ambiente natural. (Gutiérrez, 2014)

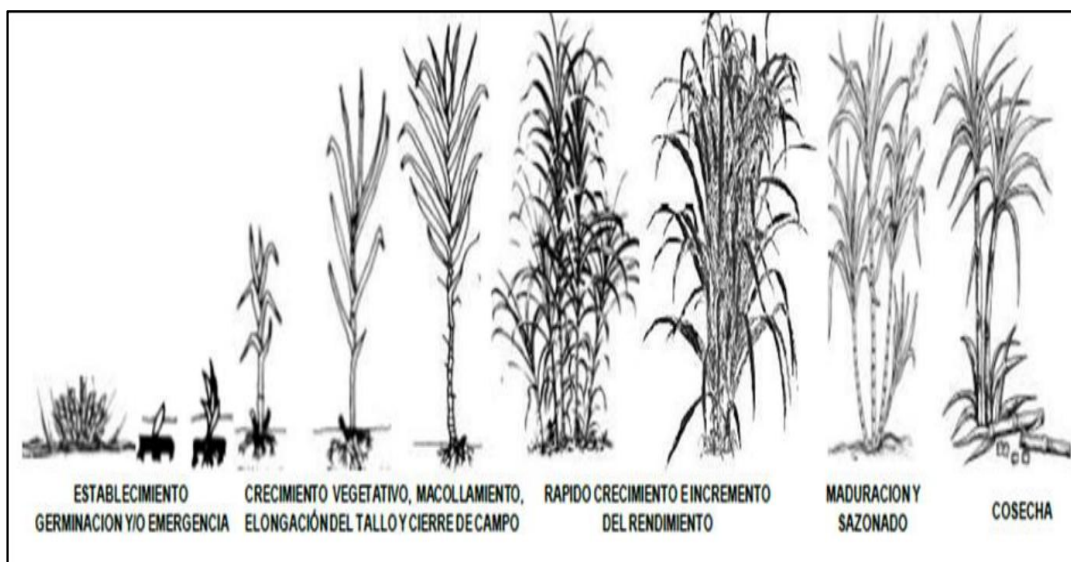
- Biol: El Biol se considera un recurso de reguladores vegetales, resultado de la descomposición sin oxígeno de residuos orgánicos. Funciona como un potenciador natural ya que favorece el desarrollo y la progresión de las plantas. (Colque et al., s/f)
- Bocashi: Término en japonés que se refiere a la materia orgánica que ha pasado por un proceso de fermentación. Tradicionalmente, los agricultores en Japón solían preparar el Bocashi utilizando materiales orgánicos como harina de arroz, torta de soya, harina de pescado y tierra de bosques, los cuales funcionan como inoculantes microbianos. Este tipo de suelo alberga diversos microorganismos capaces de agilizar el procedimiento de compostaje. Los agricultores de Japón han adoptado el Bocashi como un mejorador del suelo, con el objetivo de aumentar la diversidad microbiana, optimizar las condiciones físicas y químicas, prevenir patógenos del suelo y ofrecer nutrientes complementarios para promover el crecimiento de las cosechas. (Ávila, 2017)
- Humus: Se puede describir como una sustancia natural extraordinariamente intrigante y auténticamente constante, y es resultado del último encuentro de los microorganismos con los residuos orgánicos. Su poder no es absoluto; en entornos suaves, presenta una salinidad del 2% anualmente. Puede crear un enlace con el mineral de arcilla altamente estable como un complejo de suelo arcilloso-humus que establece la base para una fertilidad del suelo perdurable. (Stern, 2018)
- Material de construcción: Consiste en sustituir los elementos que comúnmente se emplean como el fundamento firme de prácticamente toda edificación, que consiste en una mezcla de cemento, agua, arena y piedras o gravilla, por productos de desecho de la industria agrícola. Esta es la mezcla que se utiliza para fabricar cemento u otros materiales resultantes de él. (Caicedo, 2018)

## EL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

El residuo de la caña de azúcar, conocido como bagazo, es un desecho generado por el sector agroindustrial del azúcar que se encuentra en cantidades abundantes. Este material tiene aplicaciones tanto energéticas como socioeconómicas. En las naciones que producen azúcar de caña, el bagazo cumple una función crucial como fuente de energía; un claro ejemplo de su relevancia es su comparación con el combustible fósil en términos de energía, dado que cinco toneladas de bagazo bien procesadas pueden reemplazar una tonelada de petróleo. Además, desde la perspectiva medioambiental, su adecuada utilización es fundamental, ya que una mayor eficiencia en su aprovechamiento potenciaría el uso de energías renovables. Su implementación puede reducir la liberación de dióxido de carbono, al igual que mitigar el fenómeno de la lluvia ácida y el cambio climático. (Reyna, 2016)

**Figura 4**

*Etapas fenológicas del cultivo de caña de azúcar.*



*Nota.* Recopilado de CONADESUCA (2011).

El bagazo de caña de azúcar se compone de fibras lignocelulósicas que integran las estructuras celulares, junto con agua incorporada y retenida, diversos extractos y ciertos minerales. La proporción de estos componentes puede variar según las partes y variedades de la planta, aunque su composición habitual se aproxima a los siguientes porcentajes: celulosa 25-45 %, hemicelulosa 25-50 % y lignina 10-30 %.(Oliva & Antolín, 2003)

## EL CARRIZO

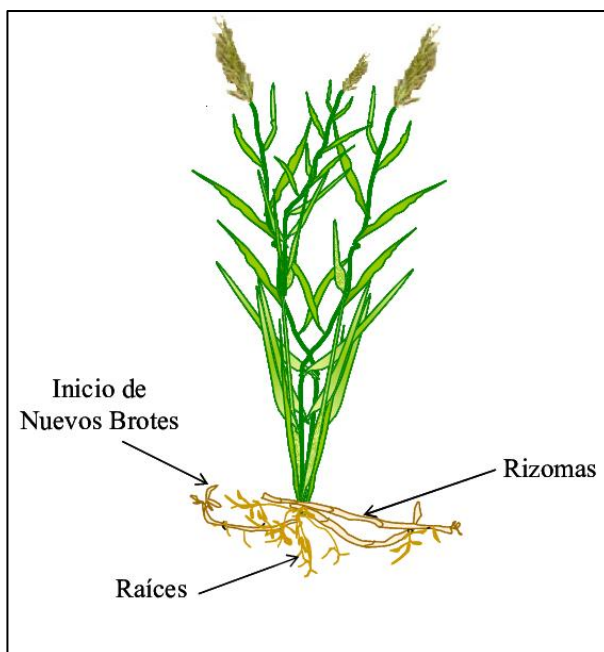
Se trata de una especie similar al bambú que pertenece a la familia de las hierbas. Su altura puede alcanzar hasta 6 metros y su base mide 4 centímetros de ancho, reduciéndose gradualmente hacia la parte superior.

La composición microscópica del carrizo revela una notable cantidad de poros cerrados en su disposición. Su peso cuando está seco ronda los 160 kg/m<sup>3</sup>. Los tallos de carrizo exhiben una gran capacidad para resistir la flexión y la tensión. Es un material que repela el agua y tiene una inflamabilidad media. Sus rizomas, que son tallos que crecen bajo tierra, presentan efectos diuréticos, las hojas se utilizan como forraje y de las flores se obtiene un colorante amarillento.

En el ámbito de la edificación, se trata de un recurso respetuoso con el medio ambiente y asequible, visualmente agradable, sencillo de conseguir y de instalar, ya que facilita la creación de diversos métodos de construcción. Tiene alta resistencia a las heladas y actúa como un aislante térmico efectivo, gracias a la abundante cantidad de cavidades llenas de aire en los tallos. Su capacidad de conducción térmica es  $\lambda = 0,055 \text{ W/m. K.}$  (Withney, 2014).

**Figura 5**

*Dibujo esquemático del carrizo*



*Nota. Recopilado de Corzo (2020)*

## **CONCRETO ECOLÓGICO**

### **PRODUCCIÓN DE CONCRETO**

El concreto consiste en una combinación de cemento, grava, agua y arena, que se endurece conforme avanza la reacción química entre el agua y el cemento. La proporción de cada elemento en la mezcla depende de la resistencia exigida de acuerdo con las especificaciones de los planos estructurales. La resistencia de las columnas y los techos debe ser siempre superior a la de los cimientos y los entrepisos.

Una vez que se ha hecho el vaciado, es fundamental asegurar que el cemento lleve a cabo una reacción química y adquiera firmeza. Este fenómeno ocurre sobre todo en los primeros 7 días, por lo que es crucial mantenerlo húmedo durante ese periodo. Este procedimiento se denomina curado del concreto.

El concreto pasa por dos fases fundamentales: la primera es cuando está en estado líquido y la segunda es cuando ha solidificado. Las características esenciales del hormigón en su estado líquido son:

- **Trabajabilidad:** Corresponde al nivel de esfuerzo necesario para manipular el concreto en su estado fresco durante las fases de mezclado, transporte, colocación y compactación. El método más común para medir la trabajabilidad es mediante el ensayo de hundimiento. Los elementos necesarios incluyen una base plana, un cono y una barra de metal. Esta evaluación se realiza al medir la altura de un concreto que ha sido retirado de un molde cónico. Mayor será la altura, más fácil de trabajar será el concreto. De igual forma, si la altura es menor, el concreto resultará demasiado seco y tendrá poca trabajabilidad.
- **Segregación:** Sucede cuando los componentes más densos, como la grava triturada, se distancian de otros elementos en la mezcla de concreto. Es fundamental supervisar la segregación excesiva para prevenir la creación de mezclas deficientes. Esto ocurre, por ejemplo, al transportar el concreto en un buggy a través de un terreno irregular y extenso, lo que provoca que la grava se separe, asentándose en la parte inferior del buggy.

- **Exudación:** Surge cuando una parte del agua asciende hacia la superficie del concreto. Es fundamental controlar la exudación para evitar que la capa superficial se fragilice debido a una acumulación excesiva de agua. Esto ocurre, por ejemplo, cuando se sobrepasa el tiempo de vibrado, provocando que se concentre más agua en la superficie de lo que debería exudar normalmente.
- **Contracción:** Genera variaciones de volumen en el hormigón como resultado de la disminución de agua debido a la evaporación, provocada por variaciones en la humedad y la temperatura ambiental. Es crucial monitorear la contracción, ya que puede generar dificultades por fisuras. Una estrategia para mitigar este problema es asegurar el curado del hormigón. En otro aspecto, las características del hormigón en su forma sólida son:
- **Elasticidad:** Es la capacidad de reaccionar de manera flexible dentro de determinados márgenes. En otras palabras, después de ser alterado, puede volver a su forma inicial.
- **Resistencia:** Es la aptitud del concreto para resistir las fuerzas que se le apliquen. Para que alcance la firmeza especificada en los diseños, es esencial utilizar cemento y materiales de buena calidad. Asimismo, debe ser transportado, colocado, vibrado y curado de manera correcta. (Aceros Arequipa, 2022)

#### **NORMATIVA PARA CONCRETO EN PERÚ:**

Norma E.060 Concreto Armado: Esta norma fija los lineamientos y requisitos esenciales para el estudio, la planificación, los materiales, la construcción, el control de calidad y la revisión de obras con concreto armado, pretensado y sencillo. Asimismo, aborda la valoración de la solidez de construcciones ya existentes.

Lo que se establece en esta normativa tendrá prioridad si surge una diferencia respecto a otras normas citadas. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019)

Norma Técnica Peruana NTP 400.012:2021: La vigente Norma Técnica Peruana fue elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Agregados, Concreto, Concreto Armado y Concreto Pretensado, bajo el

Sistema 2 u Ordinario, entre los meses de junio y septiembre de 2020, tomando como referencia la norma ASTM C 136/C136M:2019, Método de Ensayo Estándar para el Análisis por Tamizado de Agregados Finos y Gruesos.

Norma Técnica Peruana NTP 400.037: Este texto detalla los requerimientos técnicos aplicada a los materiales agregados utilizados en la mezcla de concreto. Establece las condiciones requeridas para los agregados finos y gruesos, incluyendo las propiedades generales, la distribución granulométrica, la presencia de elementos perjudiciales y la estabilidad del material. Asimismo, contempla los procedimientos de muestreo y los ensayos necesarios para garantizar que los agregados cumplan con los estándares de calidad establecidos.

Norma ASTM C 29 - Método de Ensayo Estándar para determinar la densidad aparente (peso unitario) y el índice de vacíos en los agregados: Este procedimiento de prueba facilita el establecimiento de la masa por volumen (peso por unidad) de un agregador, ya sea en su estado denso o suelto, y evaluar los espacios entre las partículas presentes en los agregados finos, gruesos o en mezclas de ambos, según lo que determine la evaluación. Este método resulta aplicable a los agregados cuyo tamaño nominal máximo no exceda las 5 pulgadas, equivalentes a 125 mm.

Norma ASTM C 33/C33M-08 - Especificación Estándar para los Agregados empleados en Concreto: Este texto define las especificaciones para la distribución de tamaños y las propiedades de los agregados, tanto finos como gruesos utilizados en el hormigón. Presenta el alcance, las referencias documentales, la terminología y los estándares correspondientes para los agregados en el concreto.

Norma ASTM C39/C39M-18 - Método de ensayo estándar para evaluar la resistencia a la compresión en probetas cilíndricas de hormigón: Constituye el método estándar para comprobar la resistencia a la compresión en muestras con forma cilíndrica. Esta norma especifica los procedimientos para aplicar cargas de compresión axial a cilindros de concreto hasta que ocurra la ruptura.

Norma ASTM C 127:2019 - Práctica Estándar para el Ensayo de Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción del Agregado Grueso: Es el procedimiento de ensayo convencional utilizado para determinar la densidad, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del material agregado grueso.

Norma ASTM C 136/C136M:2019 - Procedimiento estándar de ensayo para el análisis mediante tamizado de materiales agregados finos y gruesos: se trata de un procedimiento de evaluación convencional para establecer cómo se reparten los tamaños de las partículas (evaluación mediante mallas) de los agregados finos y gruesos, aspecto fundamental para garantizar que los materiales utilizados en usos constructivos como el hormigón y el asfalto sean de buena calidad y adecuados.

Norma ASTM D 2216 - Procedimiento estándar de ensayo para la determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) presente en suelos y rocas mediante MASS: Estos procedimientos de análisis abarcan la evaluación en ensayo de laboratorio para determinar la cantidad de humedad en suelos, rocas y materiales similares, donde la disminución de peso tras el secado es consecuencia de la evaporación del agua, salvo lo que se menciona en los apartados 1. 4, 1. 5 y 1. 8. En este contexto, el término material se referirá a suelo, roca o agregado, según corresponda. Algunas áreas, como la edafología, necesitan determinar la cantidad de agua contenida basado en su volumen. Este tipo de análisis no está incluido en este método de prueba.

Norma ASTM D 4643 - Procedimiento estándar de ensayo para medir la cantidad de agua presente en suelos y rocas mediante calentamiento en horno microondas: Este texto explica un método utilizado para determinar la proporción de agua contenida en el suelo usando un horno de microondas. Primero, se recoge una muestra de suelo que tiene humedad y se determina su peso, después se introduce en el microondas para deshidratarla por periodos, pesando la muestra tras cada periodo hasta que se obtenga un peso estable.



## **CONCRETO ECOLÓGICO**

Muñoz et al (2021) demuestra la efectividad de algunos materiales recuperados que se emplean en el sector de la edificación.

En la imagen a continuación, se presentan los porcentajes máximos de materia orgánica que tienen la posibilidad de sustituir los elementos de construcción que se utilizan comúnmente. Como alternativa al agregado fino se encuentran los restos provenientes de tallos de sorgo, que mejoran la resistencia a la compresión y el aislamiento térmico; el polvo de mármol, que igualmente refuerza la resistencia a la compresión; el caucho, que favorece la retención de humedad; y las cáscaras de arroz y maní, que ayudan a incrementar la resistencia a la compresión.

Como alternativa como adición al cemento se emplean residuos de aceituna, que mejoran el aislamiento térmico; materiales pétreos y cenizas provenientes del bagazo de caña de azúcar, que incrementan la resistencia a la compresión; polvo metálico, que eleva la resistencia a la flexión y favorece la permeabilidad; además de cenizas de estiércol vacuno y de cáscara de arroz, que fortalecen la resistencia a la compresión.

Por último, como sustituto de la arcilla se utiliza la paja, que mejora la resistencia a la compresión; el aserrín, que aumenta la retención de humedad, el aislamiento térmico y la respuesta sísmica; el café molido, que eleva la absorción de agua y el aislamiento térmico; y el papel, que contribuye a mantener la humedad.

**Tabla 1**

*Porcentaje adecuado de reemplazo de RS.*

| <b>Material reemplazado</b> | <b>Material reciclado</b>          | <b>Porcentaje óptimo a reemplazar</b> |
|-----------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| Agregado fino               | Desecho de tallos de sorgo         | 5                                     |
|                             | Polvo de mármol                    | 2                                     |
|                             | Caucho                             | 20                                    |
|                             | Cáscara de arroz                   | 4                                     |
|                             | Cáscara de maní                    | 3                                     |
| Cemento                     | Desechos de aceituna               | 5                                     |
|                             | Residuos de piedra                 | 4                                     |
|                             | Ceniza de bagazo de caña de azúcar | 19                                    |
|                             | Polvo de acero                     | 20                                    |
|                             | Ceniza de estiércol de vaca        | 5                                     |
|                             | Ceniza de cáscara de arroz         | 10                                    |
| Arcilla                     | Paja                               | 3                                     |
|                             | Aserrín                            | 3                                     |
|                             | Café molido                        | 17                                    |
|                             | Papel                              | 17                                    |

*Nota.* Se muestra el porcentaje óptimo de reemplazo de algunos materiales reutilizados que reemplazarán de manera parcial los elementos usados en la elaboración de ladrillos. Muñoz et al. (2021)

## **2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES**

### **DISPOSICIÓN FINAL**

Es la fase final en el manejo de los residuos sólidos, que consiste en asegurar la eliminación de manera segura y duradera de los desechos sólidos producidos durante un proceso. (Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos., 2004)

### **REAPROVECHAR**

Encontrar una aplicación para el desecho sólido que se ha producido, empleando métodos de reutilización como el reciclaje. (Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos., 2004)

## **RECICLAJE**

Cualquier acción que posibilite el uso de un desecho sólido, a través de un procedimiento de cambio para alcanzar su propósito original o diferentes objetivos. (Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos., 2004)

## **RESIDUOS**

Son elementos, artículos o residuos de carácter sólido o semisólido, desechados por los seres humanos y que necesitan ser gestionados adecuadamente mediante un mecanismo que contemple, cuando sea necesario, una serie de procesos para su eliminación definitiva. Esta gestión debe realizarse de acuerdo con lo indicado por la legislación nacional, dada la peligrosidad que representan para la salud y el entorno. (Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos., 2004)

### **2.4 HIPÓTESIS**

**H1:** El aprovechamiento sostenible de los residuos sólidos orgánicos (bagazo de caña (*Saccharum officinarum*) y carrizo (*Phragmites australis*)) optimizan el comportamiento mecánico de un concreto ecológico.

**H0:** El aprovechamiento sostenible de los residuos sólidos orgánicos (bagazo de caña (*Saccharum officinarum*) y carrizo (*Phragmites australis*)) no optimizan el comportamiento mecánico de un concreto ecológico.

### **2.5. VARIABLES**

#### **2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Aprovechamiento sostenible de residuos sólidos orgánicos.

#### **2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE**

Comportamiento mecánico.

## 2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 2

*Operacionalización de variables*

| Variable Independiente                                   | Indicador                                                                       | Valor Final                                                                                                                                        | Tipo de variable   |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Aprovechamiento sostenible de residuos sólidos orgánicos | Residuos sólidos orgánicos                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bagazo de caña (<i>Saccharum officinarum</i>)</li> <li>• Carrizo (<i>Phragmites australis</i>)</li> </ul> | Nominal dicotómica |
| Variable Dependiente                                     | Indicador                                                                       | Unidad de medición                                                                                                                                 | Tipo de variable   |
| Comportamiento mecánico                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia a la compresión</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kg/cm<sup>2</sup></li> </ul>                                                                              | Numérica continua  |
| Variable de caracterización                              | Indicador                                                                       | Unidad de medición                                                                                                                                 | Tipo de variable   |
| Porosidad                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de porosidad</li> </ul>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cm/seg</li> </ul>                                                                                         | Numérica continua  |

*Nota.* Cuadro operativo que relaciona la forma en la que interactúan las variables

## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

De acuerdo a la perspectiva del investigador, la investigación se clasificó como una investigación de tipo experimental, dado que se trató de un enfoque experimental, utilizando datos obtenidos a través de mediciones supervisadas por el investigador. En relación al control de las mediciones de la variable estudiada, el enfoque fue prospectivo, ya que el investigador pudo realizar sus propias mediciones, manteniendo el control total sobre las variables y las mediciones a lo largo del estudio. En función del número de registros obtenidos de la variable analizada, esta investigación se catalogó como longitudinal, ya que se llevaron a cabo múltiples mediciones para asegurar resultados más precisos. Considerando la cantidad de variables examinadas permitió clasificar el estudio como analítico, ya que consideró dos variables de análisis. (Supo & Zacarías, 2020)

##### **3.1.1. ENFOQUE**

El método de la investigación es cuantitativo puesto que se formuló un problema específico y detallado del que se obtuvieron datos numéricos del fenómeno; se examinó y evaluó a través de procedimientos estadísticos para identificar tendencias de conducta y verificar teorías o actitudes a través de la cuantificación y el procesamiento estadístico. (Hernández, 2014)

##### **3.1. 2. ALCANCE O NIVEL**

El enfoque de la investigación es de tipo aplicativo, dado que incluye un elemento de evaluación y también es de carácter intervencionista. Se analizaron los procedimientos, resultados e influencias que tendrán sobre el conjunto poblacional analizado junto con el propósito de mejorar su situación de manera positiva. Esta intervención está cuidadosamente diseñada y se basa en un análisis metódico de los resultados esperados, buscando medir su efectividad.

### 3.1. 3. DISEÑO

La investigación utilizó un diseño de experimento genuino destacándose por la manipulación y el control. Este experimento es genuino porque se organizaron cuatro grupos de estudio, en los cuales se llevó a cabo una manipulación intencionada en la investigación, y el control fue implementado tanto metodológicamente como en términos estadísticos. (Supo & Zacarías, 2020)

En este estudio se llevaron a cabo observaciones que midieron las reacciones de la variable dependiente (concreto ecológico), logrando resultados que fueron analizados desde una perspectiva tanto metodológica como estadística, lo que nos facilitó la comparación de la efectividad de cada uno de ellos.

$GE_1: O_1 \text{ ----- } X_1 \text{ ----- } O_2$

$GE_2: O_1 \text{ ----- } X_2 \text{ ----- } O_2$

$GE_3: O_1 \text{ ----- } X_3 \text{ ----- } O_2$

$GE_4: O_1 \text{ ----- } X_4 \text{ ----- } O_2$

Leyenda:

$GE_1$ : Grupo de estudio que considera al bagazo de caña (*Saccharum officinarum*) al 5%.

$GE_2$ : Grupo de estudio que considera al bagazo de caña (*Saccharum officinarum*) al 10%.

$GE_3$ : Grupo de estudio que considera al carrizo (*Phragmites australis*) al 50%.

$GE_4$ : Grupo de estudio que considera al carrizo (*Phragmites australis*) al 10%.

$O_1$ : Observación inicial o pre test de las probetas.

$O_2$ : Observación final o post test de las probetas.

$X_1$ : Intervención mediante el bagazo de caña (*Saccharum officinarum*) al 5 %.

$X_2$ : Intervención mediante el bagazo de caña (*Saccharum officinarum*) al 10%.

$X_3$ : Intervención mediante el carrizo (*Phragmites australis*) al 5%.

$X_4$ : Intervención mediante el carrizo (*Phragmites australis*) al 10%.

### 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población de estudio fue el concreto ecológico, ya que se reemplazó cierta parte de sus componentes y se añadió los residuos orgánicos (bagazo de caña (*Saccharum officinarum*) y carrizo (*Phragmites australis*)).

Esta investigación contó con dos tipos de residuos orgánicos (bagazo de caña (*Saccharum officinarum*) y carrizo (*Phragmites australis*)), integrados al 5% y 10% respectivamente, con dos repeticiones cada uno (7, 14 y 28 días); también tres probetas que fueron los testigos de esta investigación, y se obtuvo un total de 27 probetas.

### 3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

**Tabla 3**

*Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

| VARIABLE                                       | INDICADORES                 | TÉCNICAS    | INSTRUMENTOS O RECURSOS |
|------------------------------------------------|-----------------------------|-------------|-------------------------|
| Comportamiento mecánico del concreto ecológico | Resistencia a la compresión | Observación | Prensa de compresión    |

*Nota.* Se muestra los instrumentos la medición de la variable propuesta.

Para la obtención de residuos orgánicos, se visitó la hacienda Fundo Pacan, ubicada en Jr. Huascarán 2, Amarilis - Huánuco. Luego, se realizó manualmente la fabricación de las fibras de bagazo de caña (*Saccharum officinarum*) y carrizo (*Phragmites australis*) con un molino adaptado para este trabajo de investigación.

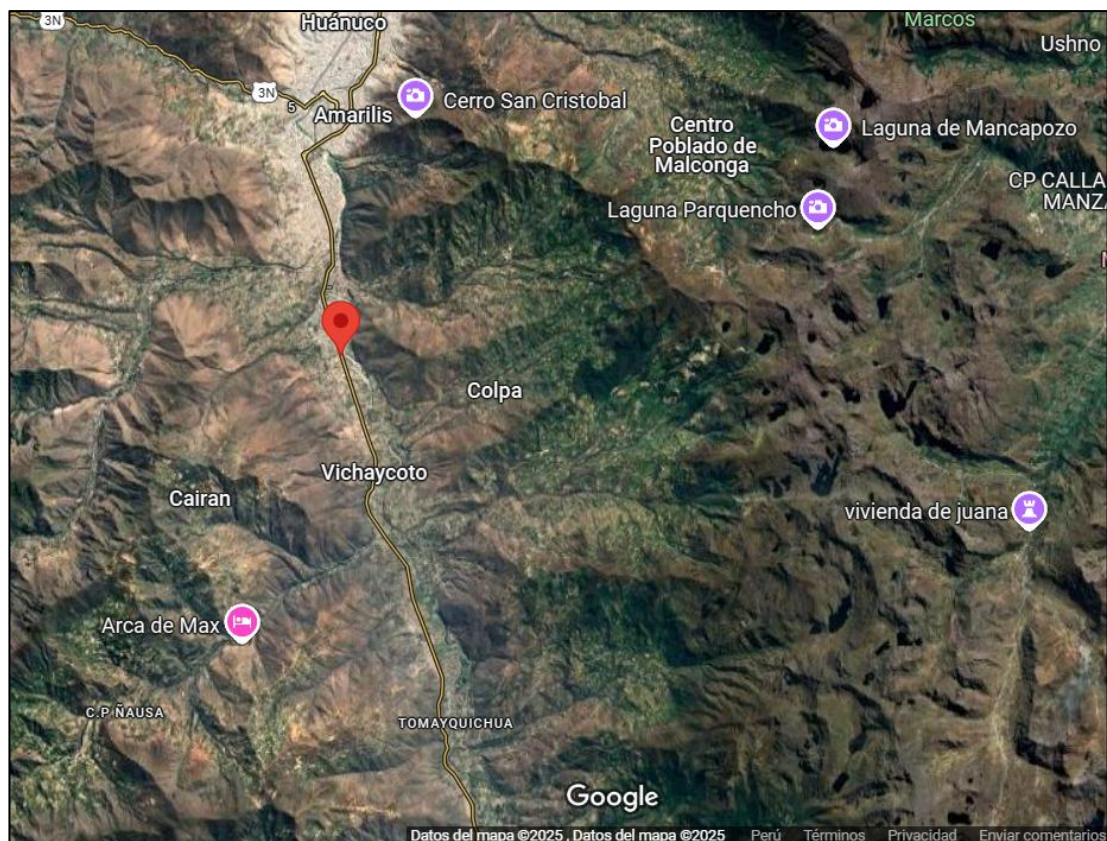
### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

A continuación, se exponen los requisitos que deben satisfacer los materiales utilizados para la elaboración de concreto conforme a la Norma Técnica Peruana.

Los materiales agregados empleados en el desarrollo de la investigación fueron obtenidos de la cantera Figueroa, ubicada en Andabamba, Pillco Marca, Provincia de Huánuco, Región de Huánuco, Perú.

**Figura 6**

Ubicación de la cantera Figueroa



*Nota.* Se muestra la ubicación de la cantera Figueroa.

## **AGREGADO GRUESO**

### **GRANULOMETRÍA (NTP 400.012:2013) (ANEXO 02)**

La muestra fue secada a una temperatura de 110 grados centígrados más menos 5 grados durante un lapso de 24 horas. Se empleó un conjunto de tamices de dimensiones apropiadas para proporcionar la información necesaria, los cuales fueron: 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", ¼", #4, #8.

Los tamices fueron organizados dispuestas de mayor a menor según el tamaño de sus aberturas, colocando la muestra sobre el tamiz más grande (3").

Para realizar el proceso de tamizado, se requiere generar un movimiento entre la mezcla y la superficie del tamiz.



Si durante un minuto no se desprendía más del 1 % del peso del material retenido en el tamiz, se consideraba que el proceso de tamizado había concluido.

#### **TAMAÑO MÁXIMO (NTP 400.037)**

El tamaño máximo se asocia con el tamiz de menor abertura que deja pasar la totalidad de la muestra de grava gruesa.

En el muestreo realizado, la dimensión máxima del material agregado es  $\frac{3}{4}$ "

#### **TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL (NTP 400.037)**

La dimensión máxima asignada se refiere al tamiz de menor abertura de la serie que produce la primera retención que se encuentra entre el 5% y el 15%.

En el muestreo realizado, la dimensión nominal máxima del material agregado es de  $\frac{1}{2}$ "

#### **CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.012 2021) (ANEXO 03)**

La porción de agregado húmedo se colocó en un contenedor que ya había sido pesado (con un peso conocido y anotado), posteriormente se llevó al horno y se dejó allí por 24 horas a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $230\text{ }^{\circ}\text{F} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{F}$ ).

Por último, se pesó el recipiente con la mezcla seca para determinar la cantidad de agua evaporada.

$$W\% = \left( \frac{Ph - Ps}{Ps} \right) \times 100$$

Donde:

Ph: Peso Húmedo del agregado

Ps: Peso Seco del agregado

#### **DENSIDAD RELATIVA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (ASTM C-127) (ANEXO 04)**

La muestra se limpió hasta eliminar totalmente el polvo y posteriormente se introdujo en un horno a una temperatura regulada de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  durante un día entero.

Se deja que la muestra se enfríe hasta alcanzar una temperatura agradable al tacto. Luego, el material se sumergió en agua a temperatura ambiente durante un lapso de 24 horas.

La muestra se retiró del agua y se secó con un paño amplio y absorbente para limpiar el material, hasta que no se viera ninguna señal de humedad.

Se registra el peso de la muestra en estado de saturación con la superficie seca.

Tras realizar el pesaje, se colocó inmediatamente la muestra saturada con superficie seca sobre la malla de alambre y se determinó su peso sumergido en agua.

La muestra se mantuvo en el horno durante 24 horas y luego se procedió a pesarla.

Mediante las siguientes formulas expresamos los resultados:

$$P_{em} = \frac{A}{B - C}$$

$$P_{es} = \frac{B}{B - C}$$

$$P_{ea} = \frac{A}{A - C}$$

$$Ab = \frac{B - A}{A}$$

Donde:

$P_{em}$ : Peso Específico de masa

$P_{es}$ : Peso Específico de masa superficialmente seco

$P_{ea}$ : Peso Específico aparente

$Ab$ : Absorción

A: Peso seco en el aire

B: Peso superficialmente seco

C: Peso de la muestra en agua

## **PESO VOLUMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO (ASTM C-127) (ANEXO 05)**

### **PESO UNITARIO EN SUELTO DEL AGREGADO GRUESO**

En primer lugar, se determinaron el peso y el volumen del molde, que resultaron ser de 6020. 0 g y 2142. 92 cm<sup>3</sup>, respectivamente.

Se colocó la piedra dentro del molde, evitando realizar la compactación.

Cuando el molde estuvo completo, se alisó la superficie superior con ayuda de una varilla de acero.

A continuación, se determinó el peso del molde con la muestra de piedra.

Los resultados se obtienen a través de la fórmula siguiente:

$$P.U.S = \frac{W_s}{V}$$

Donde:

P.U. S: Peso Unitario Suelto

Ws: Peso del Material suelto

V: Volumen del molde

### **PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO**

Se empezó por medir el peso y el volumen del molde, que resultaron ser 6020. 0 g y 2142. 92 cm<sup>3</sup>, respectivamente.

Posteriormente, se introdujo la piedra dentro del molde cilíndrico, llenando hasta un tercio de su capacidad.

Después, se utilizó una varilla de acero de Ø5/8" para golpear la muestra en un patrón helicoidal durante 25 veces.

Continuamos añadiendo piedra hasta alcanzar dos tercios de la capacidad del molde y se repitió el proceso aplicando los 25 golpes.

Finalmente, se incorporó más piedra hasta que sobresaliera ligeramente del recipiente y se repitió nuevamente el procedimiento de los 25 golpes.

Luego, se utilizó la barra de acero para alisar hasta que estuvo al mismo nivel que el molde.

Al final, se llevó a cabo la determinación del peso del molde con la muestra comprimida.

Los resultados se obtienen utilizando la fórmula a continuación:

$$P.U.C = \frac{W_c}{V}$$

Donde:

P.U. C: Peso Unitario Compactado

Wc: Peso del Material compactado

V: Volumen del molde

## **AGREGADO FINO**

### **GRANULOMETRÍA (NTP 400.012:2013) (ANEXO 06)**

La muestra se secó a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  durante un lapso de 24 horas.

Se empleó una serie de tamices con dimensiones adecuadas para recopilar los datos requeridos, que incluyeron: 3/8", 1/4", N°4, N°8, N°10, N°20, N°30, N°40, N°60, N°80, N°100, N°200.

Los tamices se utilizaron en orden descendente de abertura, ubicando la muestra en el tamiz superior (3/8").

Si en el transcurso de un minuto no se observaba una variación superior al 1 % del peso del material retenido en el tamiz, se daba por concluido el proceso de tamizado.

## **MÓDULO DE FINEZA**

Para calcular el módulo de finura, como indicador, se obtiene al sumar los porcentajes acumulados del material retenido en cada uno de los tamices establecidos en la lista correspondiente (Tamices: 3/8", 1/4", N°4, N°8, N°10, N°20, N°30, N°40, N°60, N°80, N°100, N°200) y luego se divide entre 100. Este módulo de finura funciona como un parámetro que representa la textura del agregado; conforme el valor se incrementa, el agregado resulta ser más grueso. Se calcula de la siguiente manera:

$$MF = \frac{\sum \% \text{acumulado retenidos } \left(\frac{3}{8}'' , \frac{1}{4}'' , N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}10, N^{\circ}20, N^{\circ}30, N^{\circ}40, N^{\circ}60, N^{\circ}80, N^{\circ}100, N^{\circ}200\right)}{100}$$

Seguendo la Norma ASTM C33 y NTP 400.037, indica que el módulo de finura del material fino debe mantenerse dentro de un rango de  $\pm 0.2$  respecto al valor utilizado para determinar las proporciones del concreto, recomendándose que dicho módulo se encuentre entre 2.30 y 3.1.

#### **CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO (NTP 400.012 2021) (ANEXO 07)**

Se colocó la muestra de material húmedo en un contenedor que había sido pesado previamente (con un peso conocido y anotado), posteriormente se introdujo en el horno y se mantuvo por un día a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230^{\circ}\text{F} \pm 10^{\circ}\text{F}$ ).

Por último, se determinó el peso del recipiente con la mezcla seca con el fin de calcular la cantidad de agua que se había evaporado.

$$W\% = \left( \frac{Ph - Ps}{Ps} \right) \times 100$$

Donde:

Ph: Peso Húmedo del agregado

Ps: Peso Seco del agregado

#### **DENSIDAD RELATIVA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (NTP 400.012 2021) (ANEXO 08)**

A través del procedimiento de cuarteo, se consiguió la muestra de arena fina, que se mantuvo en un horno por 24 horas a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C}$

grados Celsius más menos 5 grados. Posteriormente, se dejó enfriar hasta alcanzar una temperatura agradable al tacto.

Seguido a esto, se empapó la muestra en agua y se permitió que descansara durante un día completo. Al amanecer del día siguiente, se vertió la muestra con cuidado para no perder partículas pequeñas, y luego se distribuyó la muestra se extendió sobre una superficie lisa para permitir su secado natural al aire libre.

Colocamos una cantidad de material dentro de un molde con forma de cono y se realizó un proceso de compactación mediante 25 golpecitos suaves utilizando una herramienta de metal, posteriormente se situó el cono en posición vertical. Si quedaba humedad en la parte superior del material, mantendría la forma cónica; en cambio, si la muestra se deshacía un poco, esto indicaba que se encontraba en un estado de saturación en estado superficialmente seco. Después, se pesó un picnómetro de 500 gramos y se introdujo en él la muestra que se encontraba saturada y con la superficie seca.

Añadimos agua hasta que el recipiente alcanzó un tercio de su volumen total, y se eliminaron las burbujas de aire se eliminaron girando el recipiente sobre su eje durante un periodo de 15 minutos.

Repetimos nuevamente la acción previa de quitar el aire en la mezcla, utilizando dos tercios y ocupando toda la capacidad del recipiente.

Se registró el peso total del picnómetro junto con el material fino y el agua. Luego, el material se retiró del picnómetro y se secó en un horno antes de continuar con su medición.

Se obtuvieron los resultados con las siguientes formulas:

$$Pe.m = \frac{Wo}{V - Va}$$

$$Pe.s = \frac{500}{V - Va}$$

$$Pe.a = \frac{Wo}{(V - Va) - (500 - Wo)}$$

$$Ab = \frac{(500 - W_o)}{W_o}$$

Donde:

Pe.m: Peso Específico de masa

Pe. s: Peso Específico de masa superficialmente seco

Pe.a: Peso Específico aparente

Ab: Absorción

W0: Peso en el aire de la muestra secada

V: Volumen del frasco

Va: Peso del agua añadida al frasco

## **PESO VOLUMÉTRICO DEL AGREGADO FINO (ASTM C-127) (ANEXO 09)**

### **PESO UNITARIO EN SUELTO DEL AGREGADO FINO**

Empezamos con la medición del peso y el volumen del cilindro, obteniendo 6020. 0 g y 2142. 92 cm<sup>3</sup> en ese orden.

Agregamos el agregado fino en el cilindro sin realizar ninguna compactación. Cuando el cilindro estuvo completo, se alisó la superficie superior empleando una varilla de metal.

Después, se pesó el cilindro junto con la muestra de piedra.

Los resultados se obtienen usando la fórmula correspondiente.

$$P.U.S = \frac{Ws}{V}$$

Donde:

P.U. S: Peso Unitario Suelto

Ws: Peso del Material suelto

V: Volumen del molde

### **PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO**

Al comienzo se registran los datos del peso y volumen del molde, siendo 6020.0 g y 2142.92 cm<sup>3</sup>.

A continuación, se procedió a incorporar el agregado fino en tres estratos. En cada estrato, se niveló manualmente y se compactó con 25 golpes en un movimiento en espiral utilizando una varilla de acero de Ø5/8”.

Cuando el molde estuvo completo, se utilizó una varilla para alisar la parte superior. Luego, se realizó el pesaje del molde que contenía la arena comprimida.

Los resultados se obtienen aplicando la siguiente fórmula.

$$P.U.C = \frac{W_c}{V}$$

Donde:

P.U. C: Peso Unitario Compactado

Wc: Peso del Material compactado

V: Volumen del molde

### **DISEÑO DE MEZCLA F´C=210KG/CM2**

Para el diseño de la mezcla, utilizando la norma ACI 211.1, se determinan las proporciones correspondientes a concretos de tipo normal, pesado y masivo se calculó la cantidad exacta a usar para la mezcla (Anexo 10).

### **MEZCLA DE CONCRETO CON LAS FIBRAS DE BAGAZO DE CAÑA (*SACCHARUM OFFICINARUM*) Y CARRIZO (*PHRAGMITES AUSTRALIS*)**

Para realizar la adición de las fibras de bagazo de caña (*Saccharum officinarum*) y carrizo (*Phragmites australis*) para la elaboración de la mezcla de concreto, se tuvo en cuenta lo siguiente:

Las proporciones del agregado fino y del agregado grueso serán equivalentes, conforme a lo establecido en el anexo 10 del diseño de mezcla para concreto f´c=210kg/cm<sup>2</sup>.

El volumen de agua, será las establecidas en el anexo 10.



Posteriormente, se añade directamente en la preparación del concreto poco después de incorporar el agregado grueso y el agregado fino conforme a los porcentajes de bagazo de caña y carrizo establecidos, del 5 % y 10 % respecto al peso del cemento en los diseños de mezcla de concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .

## **PREPARACIÓN Y CURADO DE PROBETAS EN EL LABORATORIO (LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO)**

### **PREPARACIÓN DE PROBETAS**

De acuerdo a los Estándares ASTM Designación: C 192/C 192M – 02 Procedimiento estándar para la elaboración y el curado en laboratorio de especímenes de concreto destinados a ensayos se realiza el siguiente proceso descrito a continuación:

Antes del mezclado, se aseguró que la superficie donde se trabajó fue horizontal, rígida, limpia, no absorbente y libre de material o tierras que puedan contaminar el concreto.

Para el proceso del mezclado se usó la mezcladora eléctrica del Laboratorio de la Universidad de Huánuco.

Se creó un modelo con una relación de 5 probetas con el uso del mezclador, utilizando la mezcla especificada en los puntos previos, y se llevó a cabo este procedimiento.:

- Previo al inicio de la mezcla, se añadió cierta cantidad de agua con el fin de impedir que las paredes de la máquina absorban la humedad de los componentes, ya que esto podría afectar los resultados de las pruebas.
- - Se encendió la máquina mezcladora, después de unos giros se añadió la mitad de la cantidad de grava, luego se añadió la mitad de la cantidad de cemento, se incorporó la mitad de la cantidad de arena fina, y, por último, se vertió la mitad de la cantidad de agua.
- Se permitió que la mezcladora girara durante aproximadamente 30 segundos, con el fin de lograr una combinación homogénea de los componentes empleados en la mezcla.

- El procedimiento de combinación se realizó nuevamente con todos los componentes, se mantuvo en movimiento la mezcladora durante 3 minutos, luego se detuvo por aproximadamente 30 segundos y se reinició por un tiempo de 2 minutos para completar la mezcla final.
- Luego se vertió en el recipiente de muestreo (carretilla) para efectuar la prueba de asentamiento.

Para el asentamiento, siguiendo los Estándares ASTM Designación: C 470/C470M – 02ª Norma estándar para moldes utilizados en el encofrado vertical de cilindros de concreto se realizó el siguiente proceso:

- Se utilizó cilindro de medida 15cm de diámetro x 30 cm de alto (6 x 12 pulg).
- La colocación de la mezcla dentro de los moldes cilíndricos se realizó de forma vertical.
- Se rotuló cada molde respectivamente. Cada molde de cilindro estuvo debidamente limpio, sin rastros de concretos viejos y en un lugar libre de vibraciones.
- Se lubricó los cilindros para que no sea complicado sacar los moldes luego.
- Se llenaron los moldes se llenaron en tres capas con la cantidad adecuada de mezcla.
- Para la primera capa, se llenó la mezcla de manera cuidadosa con ayuda de una pala pequeña, se distribuyó la mezcla con ayuda de la varilla 25 veces en toda la sección transversal del molde y se golpeó suavemente el exterior del recipiente, utilizando el mazo de goma entre 10 y 15 veces para eliminar los vacíos generados por la varilla de compactación.
- Para la segunda capa, se realizó el mismo procedimiento que el de la primera capa, se penetró aproximadamente 1cm de la capa anterior.
- Para la tercera capa, se completó el llenado del molde con la cantidad apropiada de mezcla hasta alcanzar la altura completa en volumen del llenado del recipiente, se distribuyó la mezcla uniformemente con la varilla 25 veces, penetrando aproximadamente 1cm de la primera capa, se golpeó ligeramente 15 veces el exterior del recipiente empleando el

mazo de goma para eliminar los vacíos formados por la varilla de compactación.

- Se procedió a nivelar la parte superior del recipiente para que la superficie quede completamente lisa y con un buen acabado.
- Se almacenaron los cilindros en un ambiente sin exceso de sol, ni lluvia, ni viento, preferiblemente en espacios cubiertos hasta endurecer (aproximadamente 24 horas).

Las probetas fueron extraídas de los moldes tras un periodo de 24 horas desde su creación, empleando la compresora del laboratorio de hormigón. Una vez realizado este paso, se continuó con la tarea de etiquetar las probetas para su identificación.

### **CURADO DE PROBETAS**

Una vez que se sacaron las probetas de los moldes y antes de que pasen 30 minutos luego de retirarlos, se coloca las probetas en recipientes que cumplen con las normativas pertinentes del laboratorio y se aseguran bajo agua, manteniéndolas completamente permanecieran sumergidas hasta efectuar las pruebas de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días.

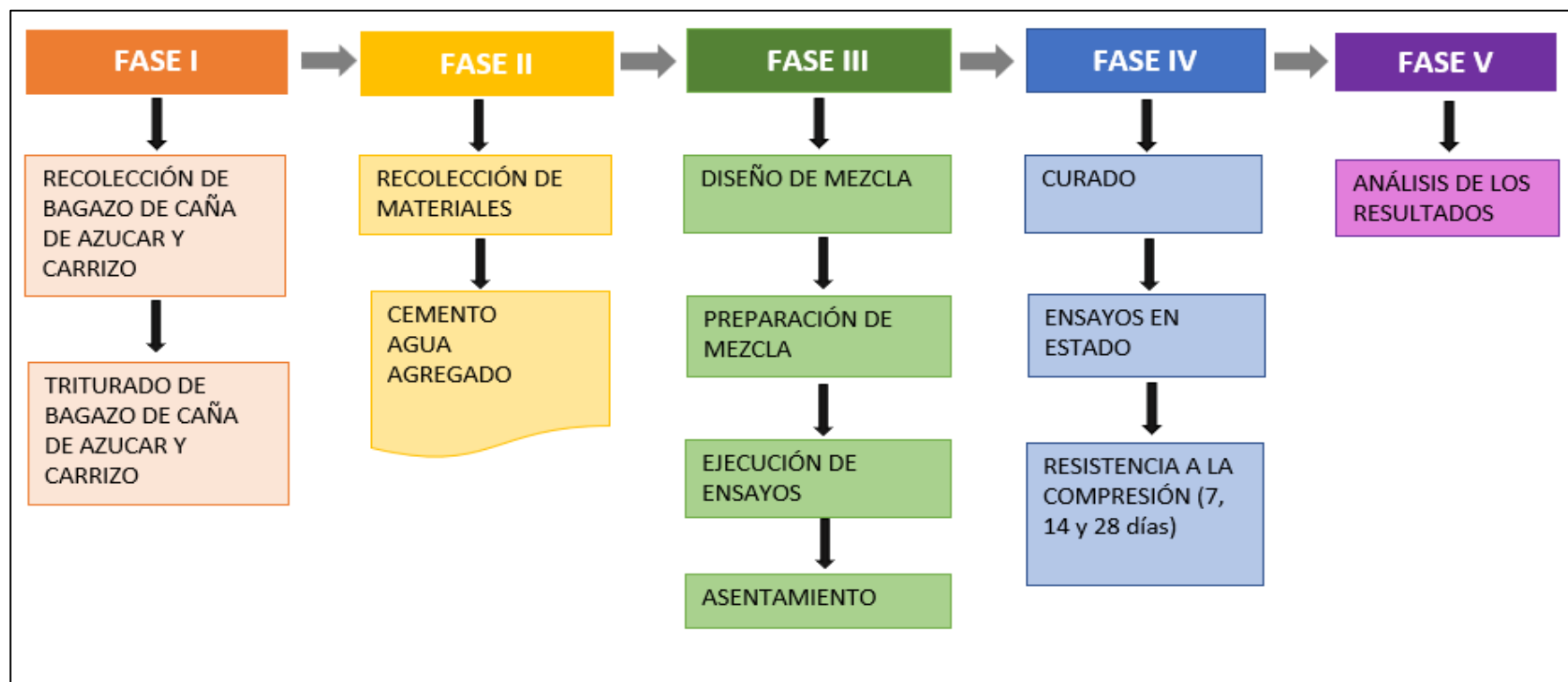
Se transportaron las muestras con bastante cuidado, ya que un golpe recibido de la muestra pudo ocasionar variaciones en los resultados de laboratorio.

### **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

Las pruebas de resistencia a la compresión se llevaron a cabo con el apoyo de la prensa de compresión del laboratorio de la empresa UNICONCRET, a las edades de 7, 14 y 28 días.

**Figura 7**

*Flujograma de procesos*



### **3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

Para examinar los resultados obtenidos en el experimento, se emplearon las herramientas SPSS y Excel mediante diversas tablas y gráficos. SPSS es un programa diseñado para realizar análisis de datos y estadísticas complejas, y se usa para recolectar y evaluar información con datos intrincados, generando tablas y gráficos. Se aplicó la prueba ANOVA con un umbral de significancia  $<0.05\%$  para evaluar la efectividad de los resultados globales de la investigación.

La evaluación de los datos fue la interpretación llevada a cabo a partir de los resultados que se recolectaron mediante tablas y gráficos. La hermenéutica se considera la herramienta ideal para una adecuada interpretación. Este enfoque es el arte de interpretar, aclarar y traducir. Su idea fundamental en su forma contemporánea es la de entendimiento.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS

**Tabla 4**

*Comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 5% de bagazo de caña*

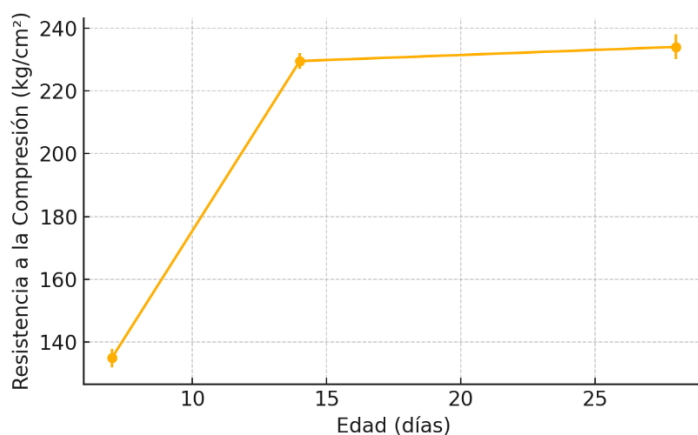
| Edad (días) | FC Promedio<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Error<br>Estándar | Límite<br>Inferior | Límite<br>Superior | Grupo<br>Control |
|-------------|--------------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| 7           | 135.0                                | 3.0               | 132.0              | 138.0              | 138.50           |
| 14          | 229.5                                | 2.5               | 227.0              | 232.0              | 240.00           |
| 28          | 234.0                                | 4.0               | 230.0              | 238.0              | 257.00           |

*Nota.* Datos procesados con IBM SPSS versión 24

A los 7 días, la fuerza de compresión en el grupo estudiado se encontraba en el rango de 132.0 kg/cm<sup>2</sup> a 138.0 kg/cm<sup>2</sup>, con un promedio de 135.0 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el promedio en el grupo control de dicha fuerza de compresión en el mismo periodo evaluado fue de 138.50 kg/cm<sup>2</sup>. A los 14 días, la fuerza de compresión se encontraba en el rango de 227.0 kg/cm<sup>2</sup> a 232.00 kg/cm<sup>2</sup>, con un promedio de 229.5 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el promedio en el grupo control de dicha fuerza de compresión en el mismo periodo evaluado fue de 240.00 kg/cm<sup>2</sup>. A los 28 días, la fuerza de compresión se encontraba en el rango de 230.00 kg/cm<sup>2</sup> a 238.00 kg/cm<sup>2</sup>, con un promedio de 234.00 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el promedio en el grupo control de dicha fuerza de compresión en el mismo periodo evaluado fue de 257.00 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 8**

*Comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 5% de bagazo de caña*



*Nota. Figura elaborada a partir de la tabla anterior.*

Los resultados indican que se ha incrementado gradualmente la fuerza de compresión desde 135.0 kg/cm<sup>2</sup> hasta 234.00 kg/cm<sup>2</sup> lo que significa que no iguala ni supera los valores obtenidos por el grupo control que es 257.00 kg/cm<sup>2</sup>, pero si supera el valor estándar para el que fue diseñado (210 kg/cm<sup>2</sup>).

**Tabla 5**

*Comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 10% de bagazo de caña.*

| Edad (días) | FC Promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) | Error Estándar | Límite Inferior | Límite Superior | Grupo Control |
|-------------|-----------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| 7           | 6.0                               | 0.0            | 6.0             | 6.0             | 138.50        |
| 14          | 23.5                              | 0.5            | 23.0            | 24.0            | 240.00        |
| 28          | 62.0                              | 13.0           | 49.0            | 75.0            | 257.00        |

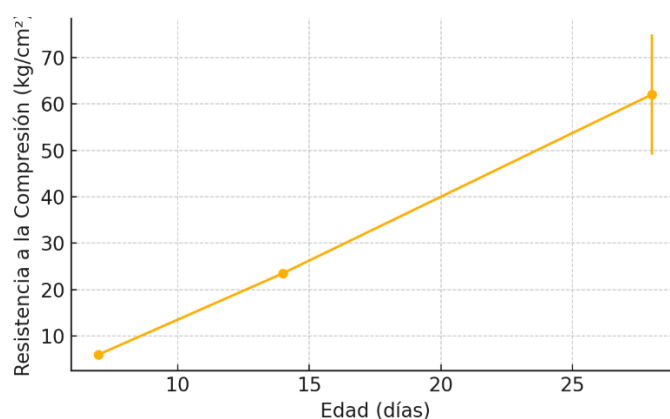
*Nota. Datos procesados con IBM SPSS versión 24*

A los 7 días, la fuerza de compresión en el grupo estudiado se encontraba en el rango de 6.0 kg/cm<sup>2</sup> a 6.0 kg/cm<sup>2</sup>, con un promedio de 6.0 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el promedio en el grupo control de dicha fuerza de compresión en el mismo periodo evaluado fue de 138.50 kg/cm<sup>2</sup>. A los 14 días, la fuerza de compresión se encontraba en el rango de 23.0 kg/cm<sup>2</sup> a 24.00 kg/cm<sup>2</sup>, con un promedio de 23.5 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el promedio en el grupo control de dicha fuerza de compresión en el mismo periodo evaluado fue de 240.00 kg/cm<sup>2</sup>. A los 28 días, la fuerza de compresión se encontraba en el

rango de 49.00 kg/cm<sup>2</sup> a 75.00 kg/cm<sup>2</sup>, con un promedio de 62.00 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el promedio en el grupo control de dicha fuerza de compresión en el mismo periodo evaluado fue de 257.00 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 9**

*Comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 10% de bagazo de caña.*



*Nota. Figura elaborada a partir de la tabla anterior.*

Los resultados indican que se ha incrementado gradualmente la fuerza de compresión desde 6.0 kg/cm<sup>2</sup> hasta 62.0 kg/cm<sup>2</sup> lo que significa que no iguala ni supera los valores obtenidos por el grupo control que es 257.00 kg/cm<sup>2</sup> y tampoco iguala el valor estándar para el que fue diseñado (210 kg/cm<sup>2</sup>).

**Tabla 6**

*Comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 5% de carrizo*

| Edad (días) | FC Promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) | Error Estándar | Límite Inferior | Límite Superior | Grupo Control |
|-------------|-----------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| 7           | 183.5                             | 6.5            | 177.0           | 190.0           | 138.50        |
| 14          | 232.5                             | 4.5            | 228.0           | 237.0           | 240.00        |
| 28          | 227.5                             | 18.5           | 209.0           | 246.0           | 257.00        |

*Nota. Datos procesados con IBM SPSS versión 24*

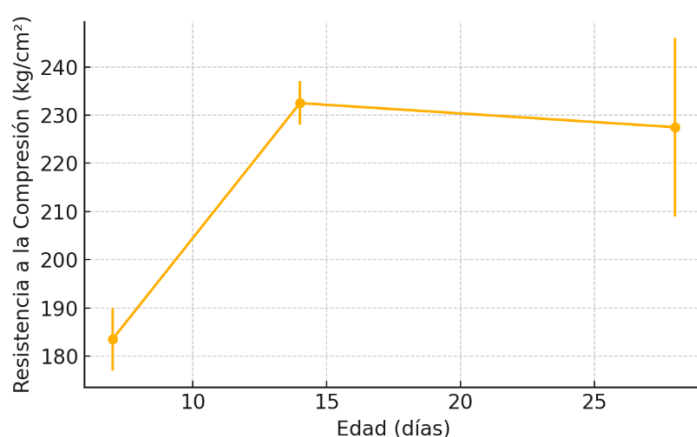
A los 7 días, la fuerza de compresión en el grupo estudiado se encontraba en el rango de 177.0 kg/cm<sup>2</sup> a 190.0 kg/cm<sup>2</sup>, con un promedio de 183.5 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el promedio en el grupo control de dicha fuerza de compresión en el mismo periodo evaluado fue de 138.50 kg/cm<sup>2</sup>. A los 14 días,



la fuerza de compresión se encontraba en el rango de 228.0 kg/cm<sup>2</sup> a 237.00 kg/cm<sup>2</sup>, con un promedio de 232.5 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el promedio en el grupo control de dicha fuerza de compresión en el mismo periodo evaluado fue de 240.00 kg/cm<sup>2</sup>. A los 28 días, la fuerza de compresión se encontraba en el rango de 209.00 kg/cm<sup>2</sup> a 246.00 kg/cm<sup>2</sup>, con un promedio de 227.50 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el promedio en el grupo control de dicha fuerza de compresión en el mismo periodo evaluado fue de 257.00 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 10**

*Comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 5% de carrizo*



*Nota. Figura elaborada a partir de la tabla anterior.*

Los resultados indican que se ha incrementado gradualmente la fuerza de compresión desde 183.5 kg/cm<sup>2</sup> hasta 227.5 kg/cm<sup>2</sup> lo que significa que no iguala ni supera los valores obtenidos por el grupo control que es 257.00 kg/cm<sup>2</sup>, pero supera el valor estándar para el que fue diseñado (210 kg/cm<sup>2</sup>).

**Tabla 7**

*Comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 10% de carrizo*

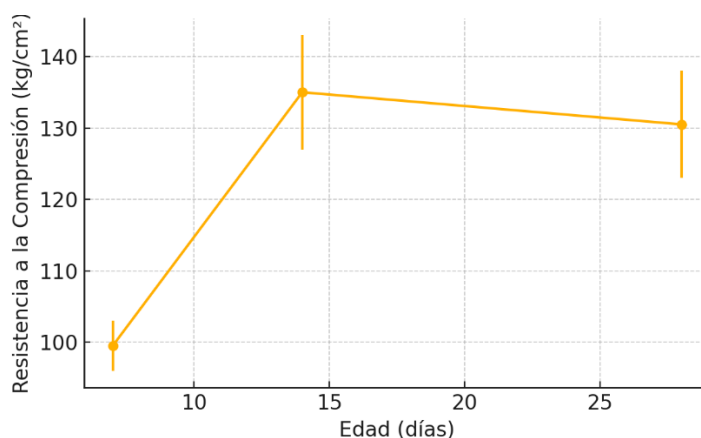
| Edad (días) | FC Promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) | Error Estándar | Límite Inferior | Límite Superior | Grupo Control |
|-------------|-----------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| 7           | 99.5                              | 3.5            | 96.0            | 103.0           | 138.50        |
| 14          | 135.0                             | 8.0            | 127.0           | 143.0           | 240.00        |
| 28          | 130.5                             | 7.5            | 123.0           | 138.0           | 257.00        |

*Nota. Datos procesados con IBM SPSS versión 24*

A los 7 días, la fuerza de compresión en el grupo estudiado se encontraba en el rango de 96.0 kg/cm<sup>2</sup> a 103.0 kg/cm<sup>2</sup>, con un promedio de 99.5 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el promedio en el grupo control de dicha fuerza de compresión en el mismo periodo evaluado fue de 138.50 kg/cm<sup>2</sup>. A los 14 días, la fuerza de compresión se encontraba en el rango de 127.0 kg/cm<sup>2</sup> a 143.00 kg/cm<sup>2</sup>, con un promedio de 135.0 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el promedio en el grupo control de dicha fuerza de compresión en el mismo periodo evaluado fue de 240.00 kg/cm<sup>2</sup>. A los 28 días, la fuerza de compresión se encontraba en el rango de 123.00 kg/cm<sup>2</sup> a 138.00 kg/cm<sup>2</sup>, con un promedio de 130.50 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el promedio en el grupo control de dicha fuerza de compresión en el mismo periodo evaluado fue de 257.00 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 11**

*Comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 10% de carrizo*



*Nota. Figura elaborada a partir de la tabla anterior.*

Los resultados indican que se ha incrementado gradualmente la fuerza de compresión desde 99.5 kg/cm<sup>2</sup> hasta 130.50 kg/cm<sup>2</sup> lo que significa que no iguala ni supera los valores obtenidos por el grupo control que es 257.00 kg/cm<sup>2</sup> y tampoco iguala el valor estándar para el que fue diseñado (210 kg/cm<sup>2</sup>).

**Tabla 8***Prueba de normalidad de los datos con Shapiro Wilk*

|    |       | Shapiro-Wilk |    |       |
|----|-------|--------------|----|-------|
|    | Grupo | Estadístico  | gl | Sig.  |
| FC | B5    | ,964         | 3  | ,637  |
|    | B10   | 1,000        | 3  | 1,000 |
|    | C5    | 1,000        | 3  | 1,000 |
|    | C10   | 1,000        | 3  | 1,000 |

*Nota.* Datos procesados con IBM SPSS versión 24

Se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk se aplicó para comprobar la normalidad de los datos en los grupos B5, B10, C5 y C10. En todos los casos, los valores de p resultaron superiores a 0.05, lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula de normalidad. Específicamente, los valores de p oscilaron entre 0.637 y 1.00, confirmando que los datos de cada grupo se distribuyen normalmente.

Dado que se cumple el supuesto de normalidad en las cuatro muestras analizadas, es adecuado utilizar un estadístico de prueba de tipo paramétrico para el contraste de hipótesis. En este contexto, resulta apropiado aplicar un análisis de varianza (ANOVA) de un factor entre sujetos, el cual posibilita comparar las medias de los grupos y establecer si existen diferencias estadísticamente significativas entre ellos.

#### **4.2 CONTRASTACIÓN Y PRUEBA DE HIPÓTESIS**

Se tiene las siguientes hipótesis:

H1: El aprovechamiento sostenible de los residuos sólidos orgánicos (bagazo de caña y carrizo) optimizan el comportamiento mecánico de un concreto ecológico.

HO: El aprovechamiento sostenible de los residuos sólidos orgánicos (bagazo de caña y carrizo) no optimizan el comportamiento mecánico de un concreto ecológico.

**Tabla 9***Prueba de hipótesis con ANOVA de un factor inter sujetos*

| (I) Grupo | (J) Grupo | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig.         | Intervalo de confianza al 95% |                 |
|-----------|-----------|----------------------------|----------------|--------------|-------------------------------|-----------------|
|           |           |                            |                |              | Límite inferior               | Límite superior |
| B5        | B10       | 172,66667*                 | 9.80504        | <b>0.000</b> | 141.2675                      | 204.0659        |
|           | C5        | 7.16667                    | 9.80504        | 0.882        | -24.2325                      | 38.5659         |
|           | C10       | 104,16667*                 | 9.80504        | <b>0.000</b> | 72.7675                       | 135.5659        |
| B10       | B5        | -172,66667*                | 9.80504        | <b>0.000</b> | -204.0659                     | -141.2675       |
|           | C5        | -165,50000*                | 9.80504        | <b>0.000</b> | -196.8992                     | -134.1008       |
|           | C10       | -68,50000*                 | 9.80504        | <b>0.001</b> | -99.8992                      | -37.1008        |
| C5        | B5        | -7.16667                   | 9.80504        | 0.882        | -38.5659                      | 24.2325         |
|           | B10       | 165,50000*                 | 9.80504        | <b>0.000</b> | 134.1008                      | 196.8992        |
|           | C10       | 97,00000*                  | 9.80504        | <b>0.000</b> | 65.6008                       | 128.3992        |
| C10       | B5        | -104,16667*                | 9.80504        | <b>0.000</b> | -135.5659                     | -72.7675        |
|           | B10       | 68,50000*                  | 9.80504        | <b>0.001</b> | 37.1008                       | 99.8992         |
|           | C5        | -97,00000*                 | 9.80504        | <b>0.000</b> | -128.3992                     | -65.6008        |

*Nota.* Datos procesados con IBM SPSS versión 24

Se ha encontrado, en función al p-valor obtenido que los grupos B5 y C5 son semejantes en los resultados que se obtienen, pero cada uno de estos dos grupos es diferente con los demás. Para saber dónde es que se ha optimizado el comportamiento del concreto ecológico, se tiene la siguiente tabla:

**Tabla 10***Valores finales de la FC comparados con la normativa planteada*

| Grupo | Valor final (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Normativa (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Interpretación         |
|-------|-----------------------------------|---------------------------------|------------------------|
| B5    | 234.00                            | 210                             | Cumple la normativa    |
| B10   | 62.0                              | 210                             | No cumple la normativa |
| C5    | 227.50                            | 210                             | Cumple la normativa    |
| C10   | 130.50                            | 210                             | No cumple la normativa |

*Nota.* Datos preparados en función a los resultados

Los resultados indican que el grupo de estudio B5 (234.00 kg/cm<sup>2</sup>) Y C5 (227.50 kg/cm<sup>2</sup>) son los grupos de estudio que obtienen y superan el valor estándar del concreto para el que fue diseñado (240 kg/cm<sup>2</sup>).

## CAPITULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los concretos B5 (234 kg/cm<sup>2</sup>) y C5 (227.5 kg/cm<sup>2</sup>) muestran comportamientos óptimos, excediendo el valor de diseño estándar (210 kg/cm<sup>2</sup>). Las mezclas con 10% de residuo (B10 y C10) evidencian una reducción considerable de la resistencia a la compresión (reducción entre 60–75% respecto al control), asociada a un exceso de material orgánico que afecta la cohesión y compactación de la matriz cementicia.

El bagazo de caña al 5% se comporta ligeramente mejor que el carrizo al 5%, lo cual podría relacionarse con la forma y tamaño de sus partículas más finas, que generan una mejor distribución en la mezcla. Sin embargo, el carrizo aporta mayor ductilidad y control de fisuración debido a su naturaleza fibrosa, aun cuando no iguala la resistencia máxima del control.

Desde un enfoque de sostenibilidad, ambas adiciones (bagazo y carrizo) contribuyen a el aprovechamiento de desechos provenientes de la agroindustria, reduciendo la dependencia de agregados naturales y la huella de carbono del cemento.

Vaca (2022) y Márquez et al. (2022) también reportaron que la adición de residuos orgánicos (cenizas óseas o bagazo de caña) reduce la resistencia cuando se supera un porcentaje de reemplazo óptimo. Coinciden en que reemplazos entre 5% y 10% pueden mantener resistencias aceptables, pero valores mayores generan pérdida de cohesión, exactamente como ocurre en B10 y C10.

Varas & Areche (2021) mostraron que, al usar residuos de maíz, la resistencia se mantiene dentro del rango normativo (~250 kg/cm<sup>2</sup>), lo que concuerda con el desempeño de las mezclas B5 y C5, las cuales también se ubican por encima del valor de diseño estándar.

Ibáñez & Flores (2023) obtuvieron resultados similares al incorporar ceniza de bagazo y PET, observando que dosis moderadas (2% PET y 15% ceniza) mejoran la resistencia, pero al aumentar la dosificación, esta disminuye. Esto se asemeja al comportamiento decreciente entre B5 y B10.

Portugués (2023) y Ruiz (2022) también coincidieron en que el aumento de residuos orgánicos incrementa la absorción y reduce la resistencia mecánica, ratificando que el 5% es el límite recomendable para conservar las propiedades físico-mecánicas.

Mallqui (2023) y Cueva & Ynga (2022) corroboraron que adiciones entre 5% y 10% de materiales alternativos (ceniza de palma, fibra de maguey) pueden igualar o superar la mezcla control, dependiendo del tipo de residuo y su tratamiento. En este estudio, solo las mezclas de 5% (B5 y C5) cumplen ese patrón positivo.

Santos (2021) refuerza la importancia de procesos de compactación adecuados para mantener la resistencia del concreto ecológico, lo que podría explicar las diferencias observadas entre los concretos con 5% y 10% de adición.

## CONCLUSIONES

La concentración óptima para mantener una armonía entre sostenibilidad y rendimiento mecánico se encuentra en torno al 5% de sustitución, tanto para el bagazo de caña como para el carrizo. Superar este porcentaje compromete las propiedades estructurales del concreto, pero amplía su potencial como material ecológico para aplicaciones de baja carga y alta eficiencia ambiental.

El concreto ecológico con 5% de bagazo de caña presenta una leve reducción (5–10 %) en la resistencia a compresión en comparación con el concreto convencional, atribuida a la baja densidad del bagazo y mantiene una adecuada trabajabilidad y cohesión, mostrando buena compatibilidad con la matriz cementicia. Su bajo peso unitario lo hace adecuado para elementos no estructurales o prefabricados ligeros (bloques, paneles, enchapes).

En el concreto ecológico con 10% de bagazo de caña se observa una reducción considerable (15–25 %) en la resistencia mecánica, debido a la mayor absorción de agua y menor adherencia interna, sin embargo, se observan mejoras en la capacidad de aislamiento térmico y sonoro, lo que lo transforma en una opción sostenible para edificaciones con criterios bioclimáticos. No se recomienda para elementos estructurales sometidos a cargas altas.

El concreto ecológico con 5% de carrizo exhibe un comportamiento mecánico equilibrado, con reducciones menores en resistencia (alrededor del 5%) y buena adherencia del material fibroso dentro de la mezcla, las fibras de carrizo actúan como micro refuerzo natural, aportando cierta ductilidad y control de fisuración. Resulta adecuado para pavimentos ecológicos, veredas o elementos decorativos.

El concreto ecológico con 10% de carrizo a concentraciones más altas, se observa una mayor pérdida de homogeneidad y trabajabilidad, lo que repercute en una reducción marcada de la resistencia a la compresión (20–30%), aun así, el material conserva un comportamiento más elástico y liviano, útil para aplicaciones no estructurales y paneles de cerramiento.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda aplicar metodologías similares en distintos sectores productivos, impulsando el desarrollo de modelos sustentables para la gestión de desechos orgánicos.

Se recomienda fomentar el uso de materiales residuales agrícolas como el bagazo y el carrizo para contribuir a la economía circular y al aprovechamiento de residuos.

Se recomienda establecer convenios con ingenios azucareros y comunidades rurales para la recolección sistemática del bagazo y carrizo para garantizar un suministro constante y económico y promover la participación de comunidades en iniciativas sostenibles.

Se recomienda usar una dosificación del 5% de fibras orgánicas (bagazo o carrizo) como aditivo del concreto ya que se ha demostrado que esta proporción mejora la resistencia del concreto a la compresión ( $f'_c$  210 kg/cm<sup>2</sup>).

Se recomienda evitar el uso del 10% de fibras, ya que reduce significativamente la resistencia a la compresión, comprometiendo la calidad y la durabilidad del concreto y puede generar mezclas menos estables y con mayor porosidad.

Se recomienda realizar pruebas de control de calidad in situ cuando se utilicen estos aditivos para verificar la consistencia, trabajabilidad y fraguado del concreto en condiciones reales de obra.



## REFERENCIAS

- Aceros Arequipa. (2022). Manual de Construcción. <https://www.acerosarequipa.com/manuales/manual-de-construccion-para-maestros-de-obra/preparacion-del-concreto>
- Ávila, E. (2017). Biogás: Opción real de seguridad energética para México [Ávila Soler, Enrique]. <http://tesis.ipn.mx/xmlui/handle/123456789/22911>
- Caicedo, E. (2018). Materiales de construcción hechos con residuos - Intellecta: Periodismo Científico de la Universidad del Norte - Uninorte. Intellecta: periodismo Científico de la Universidad del Norte. <https://www.uninorte.edu.co/web/intellecta/materiales-de-construccion-hechos-con-residuos>
- Colque, T., Rodriguez, D., Mujica, A., Canahua, A., & Jacobsen, E. (s/f). Producción de biol abono líquido natural y ecologico. Tomás Colque—David Rodríguez Angel Mujica—Alipio Canahua Vidal Apaza—Sven-Erik Jacobsen—PDF Free Download. Recuperado el 17 de noviembre de 2023, de <https://docplayer.es/21526242-Produccion-de-biol-abono-liquido-natural-y-ecologico-tomas-colque-david-rodriguez-angel-mujica-alipio-canahua-vidal-apaza-sven-erik-jacobsen.html>
- Cueva, R., & Ynga, R. (2022). Aprovechamiento de la fibra y zumo de maguey (agave americana) para el mejoramiento de las propiedades Fisico-mecanicas de la mamposteria de adobe tradicional en el Centro Poblado de Pichipampa-Huánuco-2021 [Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/7941>
- Gonzales, A., & Yui, M. (2023). Diseño de concreto ecológico  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  con adición de caparazón de concha de abanico molido para mejorar la durabilidad disminuyendo la porosidad en los elementos estructurales de las viviendas costeras en la región de Cañete-Lima [Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/667856>
- Gutiérrez, M. (2014). Determinación y control de olores en la gestión de residuos orgánicos. <http://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/11811>

- Hernández, R. (2014). Metodología de la investigación (6a ed., Vol. 1). Interamericana Editores, S.A. <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- Huiman, A. (2023). Situación actual de los residuos sólidos. <https://elperuano.pe/noticia/216136-situacion-actual-de-los-residuos-solidos>
- Ibañez, D., & Flores, J. (2023). Diseño de un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> utilizando ceniza de bagazo de caña de azúcar y PET como una alternativa para disminuir el uso indiscriminado de los depósitos naturales de agregados y materiales cementosos en lima metropolitana [Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/671796>
- INAGEP. (2023). Importancia de la Gestión de Residuos Sólidos. INAGEP. <http://www.inagep.com/2/post/2022/12/buenas-practicas-en-la-gestion-de-residuos-solidos.html>
- Mallqui, T. (2023). Propiedades mecánicas del concreto estructural que incorpora ceniza de palma aceitera como sustituto porcentual del cemento, Huánuco – 2022 [Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/8994>
- Márquez, M., Castañeda, G., & Gonzáles, E. (2022). Utilización del bagazo de caña de azúcar (BCA) como estabilizador del bloque hueco de mortero cemento – arena, caso de estudio Tzimol, Chiapas [Universidad Autónoma de Chiapas]. <https://rua.uv.mx/index.php/rua/article/view/165/134>
- Medina, C. (1999). Manejo de residuos sólidos. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 8, 135–144. <https://doi.org/10.18359/rcin.1501>
- MINAM. (2023). Esto debes saber sobre los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos aprovechables. MINAM. <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/763484-esto-debes->

saber-sobre-los-residuos-solidos-organicos-e-inorganicos-  
aprovechables

Montero, S. (2023, marzo 14). Importancia del manejo de residuos sólidos— Colombia Verde. Importancia del manejo de residuos sólidos. <https://colombiaverde.com.co/ecologia/residuos/importancia-del-manejo-de-residuos-solidos/>

Muñoz, S., Delgado, J., & Facundo, L. (2021). Elaboración de ladrillos ecológicos en muros no estructurales: Una revisión. CULCyT: Cultura Científica y Tecnológica, 18(1), 1–9. <https://doi.org/10.20983/culcyt.2021.1.3.1>

Norma ASTM C 29 (1997, setiembre). Método de Ensayo Normalizado para determinar la densidad aparente (peso unitario) e Índice de Huecos en los Áridos. ASTM International

Norma ASTM C 33/C33M-18 (2018, abril). Especificación estándar para agregados de concreto. ASTM International

Norma ASTM C39/C39M – 23 (2023, diciembre). Método de prueba estándar para determinar la resistencia a la compresión en especímenes cilíndricos de hormigón. ASTM International

Norma ASTM C 127 (2015, marzo). Práctica Normalizada para Prueba de Ensayo de Densidad, densidad Relativa (Gravedad Específica), y Absorción del Agregado Grueso. ASTM International

Norma ASTM C 136/C136M:2019 (2019, diciembre). Método de prueba estándar para análisis por tamizado de agregados finos y gruesos. ASTM International

Norma ASTM D 2216 (1999, enero). Método de prueba estándar para la determinación de Laboratorio del Contenido de agua (humedad) de Suelo y rocas por MASS. ASTM International

Norma ASTM D 4643 (2000, abril). Método de prueba estándar para la determinación del contenido de agua (humedad) del suelo mediante calentamiento por horno microondas. ASTM International

- Norma E.060 (2020, diciembre). Concreto Armado Reglamento Nacional de Edificaciones. SENCICO
- Norma Técnica Peruana NTP 400.012:2021 (2001, 17 de junio). Agregados: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. INDECOPI
- Norma Técnica Peruana NTP 400.037 (2021, 15 de noviembre). Agregados: Agregados para concreto Especificaciones. INACAL
- Oliva, D., & Antolin, G. (2003). Caracterización del bagazo de caña de azúcar mediante Análisis Térmico. *Informacion Tecnologica*, 14, 91–96.
- ONU. (2023). Datos y cifras | Naciones Unidas. United Nations; United Nations. <https://www.un.org/es/actnow/facts-and-figures>
- Portuguez, S. (2023). “Evaluación del concreto ecológico con la incorporación de residuos orgánicos y reutilizables, Cañete—2021”. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/79670/Portuguez\\_ASC-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/79670/Portuguez_ASC-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos., 057 (2004). <https://sinia.minam.gob.pe/normas/reglamento-ley-general-residuos-solidos>
- Reyna, C. A. (2016). Reutilización de plástico pet, papel y bagazo de caña de azúcar, como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo [Universidad Nacional de Trujillo]. <https://hdl.handle.net/20.500.14414/3158>
- Rodriguez, Y. (2020). La importancia del manejo adecuado de residuos sólidos en la formación básica de los estudiantes de la Institución Educativa N° 50280 Pacchac chico del distrito de Santa Ana – provincia de La Convención – Región Cusco [Universidad Nacional del Altiplano]. <https://revistas.unap.edu.pe/rccnn/index.php/rccnn/article/view/375/349>
- Santos, J. (2021). Influencia del tipo de compactación en la resistencia a la compresión y permeabilidad del Concreto Ecológico en la Provincia de Huánuco 2019 [Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/6864>

- Sarmiento, A. (2015). Caracterización del manejo de residuos sólidos en el distrito de Desaguadero-Puno-Perú. *Revista Investigaciones Altoandinas*, 17(1), 65–72.
- Supo, J., & Zacarías, H. (2020). Metodología de la investigación Científica (3a ed., Vol. 1). Editorial Bioestadístico.
- Vaca, J. (2022). Análisis de la resistencia a compresión del concreto con reemplazo parcial del cemento por osamentas de animales calcinadas y pulverizadas. [bachelorThesis, Quito : EPN, 2022.]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/23505>
- Varas, J., & Areche, J. (2021). Comportamiento mecánico del adoquín de hormigón adicionando residuos orgánicos del maíz. *Dominio de las Ciencias*, 7(Extra 5), 148–168.
- Withney, J. (2014). Diseño natural: Arquitectura en CARRIZO. Diseño natural. <https://arqnatural04.blogspot.com/2014/07/arquitectura-en-carrizo.html>

## COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Del Aguila Santiago, Ñ. (2025). *Eficacia del aprovechamiento sostenible de residuos sólidos orgánicos bagazo de caña (Saccharum Officinarum) y carrizo (Phragmites Australis) para la optimización del comportamiento mecánico de un concreto ecológico* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

“EFICACIA DEL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS (bagazo de caña (*Saccharum officinarum*) y carrizo (*Phragmites australis*)) PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECANICO DE UN CONCRETO ECOLÓGICO”

| Problema General                                                                                                                                                                                                                                         | Objetivo General                                                                                                                                                                                                                                       | Hipótesis general                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Variables/Indicadores                                                                                                                                              | Metodología                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ¿Cuál es la optimización del aprovechamiento sostenible de residuos sólidos orgánicos (bagazo de caña ( <i>Saccharum officinarum</i> ) y carrizo ( <i>Phragmites australis</i> )) para la medición del comportamiento mecánico de un concreto ecológico? | Evaluar la optimización del aprovechamiento sostenible de residuos sólidos orgánicos (bagazo de caña ( <i>Saccharum officinarum</i> ) y carrizo ( <i>Phragmites australis</i> )) para la medición del comportamiento mecánico de un concreto ecológico | H1: El aprovechamiento sostenible de los residuos sólidos orgánicos (bagazo de caña ( <i>Saccharum officinarum</i> ) y carrizo ( <i>Phragmites australis</i> )) optimizan el comportamiento mecánico de un concreto ecológico.<br>H0: El aprovechamiento sostenible de los residuos sólidos orgánicos (bagazo de caña ( <i>Saccharum officinarum</i> ) y carrizo ( <i>Phragmites australis</i> )) no optimizan el comportamiento mecánico de un concreto ecológico. | <b>Variable de calibración</b><br><br>Aprovechamiento sostenible de residuos sólidos inorgánicos.<br><br><b>Variable evaluativa</b><br><br>Comportamiento mecánico | <b>Tipo de investigación</b><br>Intervención – Estudio experimental<br><br><b>Enfoque</b><br>Cuantitativa<br><br><b>Alcance</b><br>Aplicativo<br><br><b>Diseño</b><br>Experimento Verdadero<br><br><b>Población</b><br>Concreto ecológico con bagazo de caña y carrizo.<br><br><b>Muestra</b><br>3 testigos para los tres períodos de tiempo necesarios (7, 14 y 28 días) y dos tipos de residuos orgánicos (bagazo de caña triturado y carrizo triturado), integrados al 5% y 10% respectivamente al concreto, con dos repeticiones de cada proceso para los tres períodos de tiempo necesarios (7, 14 y 28 días); siendo un total de 27 probetas.<br><br><b>Instrumentos</b><br>Prensa de compresión |
| Problemas específicos                                                                                                                                                                                                                                    | Objetivos Específicos                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| ¿Cómo es el comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 10% de bagazo de caña ( <i>Saccharum officinarum</i> ) ?                                                                                                | Describir el comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 10% de bagazo de caña ( <i>Saccharum officinarum</i> ) .                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| ¿Cómo es el comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 20% de bagazo de caña ( <i>Saccharum officinarum</i> ) ?                                                                                                | Describir el comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 20% de bagazo de caña ( <i>Saccharum officinarum</i> ) .                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| ¿Cómo es el comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 10% de carrizo ( <i>Phragmites australis</i> )?                                                                                                         | Describir el comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 10% de carrizo ( <i>Phragmites australis</i> ).                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| ¿Cómo es el comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 20% de carrizo ( <i>Phragmites australis</i> )?                                                                                                         | Describir el comportamiento mecánico de un concreto ecológico elaborado con una concentración del 20% de carrizo ( <i>Phragmites australis</i> ).                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

## ANEXO 2

### RESULTADO DE GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO

|                                                                                   |                                                |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO</b>                  |  |
|                                                                                   | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y TOPOGRAFÍA |                                                                                     |
|                                                                                   | FACULTAD DE INGENIERÍA - P.A. INGENIERÍA CIVIL |                                                                                     |
|                                                                                   | <b>GRANULOMETRÍA</b>                           |                                                                                     |
| CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL AGREGADO GRUESO                           |                                                |                                                                                     |

**TESIS:** EFICACIA DEL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS (bagazo de caña de azúcar y carrizo) PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO ECOLÓGICO

**SOLICITANTE:** BACH. Nuler Alexander Del Aguila Santiago

**LABORATORIO:** UDH-ESPERANZA

**FECHA:** 11/07/2024

**1 REFERENCIAS**

NTP 400.012 (Análisis granulométrico del agregado fino y agregado grueso)  
 NTP 400.037 (Análisis Para agregado Grueso)  
 ASTM C-136 -06 (Standard Test method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregate)  
 ASTM C 33/C33M-08 (Standard Specification for Concrete Aggregates)

**2 OBJETIVO:** Analizar y representar numericamente la distribución de las partículas por tamaño

**3 MATERIALES:** Granulos HORMIGON cantera de: Figueras

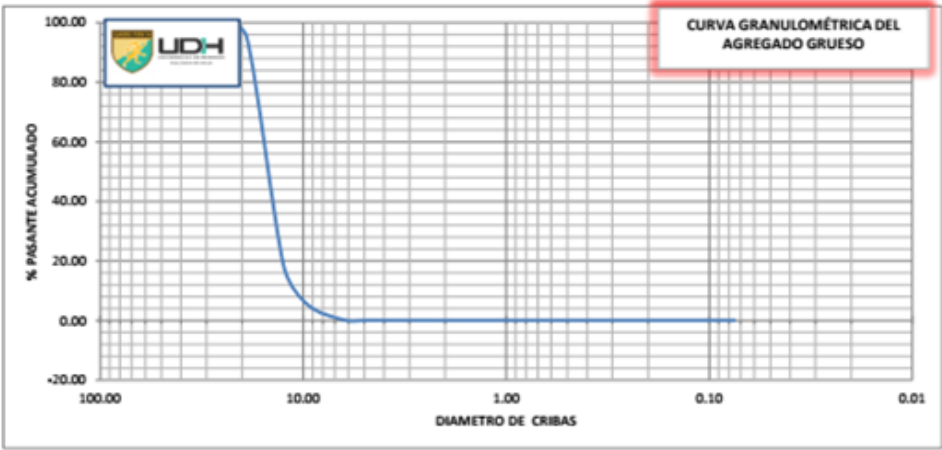
3.1 Estufa eléctrica de temperatura controlada, bodegas de 10x10" - 12x12"  
 3.2 Cribas (Modelo Estándar Test Sieve, ASTM E-11, recipientes para peso específico)  
 3.3 Grameras Marca ELE de precisión electrónica 06 Kg y 30 Kg

**4 ANALISIS MECÁNICO**

| CRIBAS       | Peso Reten. | %              | % Reten   | % Pasan    |
|--------------|-------------|----------------|-----------|------------|
| Pulg         | mm          | Gramos         | Retenidos | Acumulados |
| 3"           | 75.00       |                | 0.00      | 100.00     |
| 2 1/2"       | 63.00       | 0.00           | 0.00      | 100.00     |
| 2"           | 50.00       | 0.00           | 0.00      | 100.00     |
| 1 1/2"       | 38.10       | 0.00           | 0.00      | 100.00     |
| 1"           | 25.40       | 0.00           | 0.00      | 100.00     |
| 3/4"         | 19.00       | 105.20         | 4.80      | 95.20      |
| 1/2"         | 12.50       | 1679.30        | 76.69     | 18.50      |
| 3/8"         | 9.50        | 289.90         | 13.24     | 5.26       |
| 1/4"         | 6.30        | 111.00         | 5.07      | 0.19       |
| 4            | 4.75        | 3.40           | 0.16      | 0.04       |
| 8            | 2.36        | 0.80           | 0.04      | 0.00       |
| 10           | 2.00        | 0.00           | 0.00      | 0.00       |
| 12           | 1.70        | 0.00           | 0.00      | 0.00       |
| 16           | 1.18        | 0.00           | 0.00      | 0.00       |
| 18           | 1.00        | 0.00           | 0.00      | 0.00       |
| 20           | 0.84        | 0.00           | 0.00      | 0.00       |
| 30           | 0.595       | 0.00           | 0.00      | 0.00       |
| 40           | 0.420       | 0.00           | 0.00      | 0.00       |
| 60           | 0.250       | 0.00           | 0.00      | 0.00       |
| 80           | 0.177       | 0.00           | 0.00      | 0.00       |
| 100          | 0.150       | 0.00           | 0.00      | 0.00       |
| 200          | 0.075       | 0.00           | 0.00      | 0.00       |
| cazoleta:    |             | 0.00           | 0.00      | 0.00       |
| <b>TOTAL</b> |             | <b>2189.60</b> |           |            |

|                         |                   |
|-------------------------|-------------------|
| W NAT + Bandeja         | 2267.20 gr        |
| W Seco + Bandeja        | 2246.00 gr        |
| W Lav. Seco + Band.     | 2246.00 gr        |
| Bandeja                 | 56.40 gr          |
| <b>MUESTRA NATURAL=</b> | <b>2210.80 g.</b> |
| <b>MUESTRA SECA=</b>    | <b>2189.60 g.</b> |

|                        |          |
|------------------------|----------|
| Error Mecánico < al    | 0.00 g   |
| 1%                     | 0.00 %   |
| Peso del AGUA          | 21.20 g  |
| Contenido de AGUA      | 0.97 %   |
| TAMAÑO MAXIMO          | 19.00 mm |
| TAMAÑO NOMINAL         | 1/2"     |
| Módulo de Finesa       | 7.81     |
| % Contenido de Gruesos | 99.96 %  |
| % Contenido de Finos   | 0.04 %   |
| % Contenido < a 200    | 0.00 %   |



**CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO GRUESO**

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

FIRMA: 

Nuler Alexander Del Aguila Santiago  
 JEFE DE LABORATORIO  
 Mecánica de Suelos y Topografía



## ANEXO 3

### RESULTADO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

|                                                                                   |                                                       |  |  |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO</b>                         |  |  |  |
|                                                                                   | <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y TOPOGRAFÍA</b> |  |  |                                                                                     |
|                                                                                   | <b>FACULTAD DE INGENIERÍA – P.A. INGENIERÍA CIVIL</b> |  |  |                                                                                     |
|                                                                                   | <b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO</b>       |  |  |                                                                                     |

**TESIS:** EFICACIA DEL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS (bagazo de caña de azúcar y carrizo) PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO ECOLÓGICO

**SOLICITANTE:** BACH.Ñuler Alexannder Del Aguila Santiago

**LABORATORIO:** UDH-ESPERANZA

**FECHA:** 11/07/2024

**1 REFERENCIAS**

ASTM D - 2216 Standard Test method for Laboratory Determinación of Water (Moisture) Content of Soil And Rock by Mass

ASTM D - 4643 Standard Test method for Determinación of Water (Moisture) Content of Soli by the Microwave oven Heating.

**2 OBJETIVO:** Determinar el contenido de Humedad del material por masa

**3 MATERIALES:** Granulos Grava 1/2 cantera de: Figueroa

3.1 Estufa eléctrica de temperatura controlada, bodegas de 10x10" - 12x12"

3.2 Recipientes para peso específico

3.3 Grameras Marca ELE de precisión electrónica 06 Kg y 30 Kg

**4 DATOS DE MUESTREO**

|                          |              |                |              |            |             |      |
|--------------------------|--------------|----------------|--------------|------------|-------------|------|
| FECHA DE EXPLORACIÓN :   |              | Julio del 2024 | Tipo Muestra | Laborator. | Calicata Nº | C-01 |
| Profundidad de Muestreo: |              | Superficial    | Muestra Nº   | M-01       | Estrato Nº  | E-01 |
| Coordenadas Geodésicas:  | X= 363984.00 | Y= 363984.00   | Z= 1943      |            |             |      |
| Ubicación de Muestreo:   |              |                | Figueroa     |            |             |      |

**5 ANALISIS**

| ENSAYOS                       | M - 01        | M - 02        | M - 03        |
|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Peso Natural Húmedo + Bandeja | 788.10 g      | 726.40 g      | 819.40 g      |
| Peso Natural Seco + Bandeja   | 784.10 g      | 720.30 g      | 814.90 g      |
| Peso de Bandeja               | 40.00 g       | 41.70 g       | 45.30 g       |
| Peso del Suelo Húmedo         | 748.10 g      | 684.70 g      | 774.10 g      |
| Peso Suelo Seco               | 744.10 g      | 678.60 g      | 769.60 g      |
| Peso del Agua                 | 4.00 g        | 6.10 g        | 4.50 g        |
| <b>% CONTENIDO DE HUMEDAD</b> | <b>0.54 %</b> | <b>0.90 %</b> | <b>0.58 %</b> |

**6 RESULTADOS**

|                                                            |                 |
|------------------------------------------------------------|-----------------|
| CONTENIDO DE HUMEDAD                                       | <b>0.67 %</b>   |
| Agua: peso y volumen de Agua en el Punto de Investigación. | <b>5.01 g</b>   |
|                                                            | <b>5.01 cm3</b> |

**FIRMA:**

  
 Bach/Ing. CIVIL Nivaldo Trejo Morla  
 JEFE DE LABORATORIO  
 Mecánica de Suelos y Topografía

## ANEXO 4

### RESULTADO DE DENSIDAD RELATIVA DEL AGREGADO GRUESO

|                                                                                   |                                                                   |  |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO</b>                                     |  |  |
|                                                                                   | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y TOPOGRAFÍA                    |  |                                                                                     |
|                                                                                   | FACULTAD DE INGENIERÍA – P.A. INGENIERÍA CIVIL                    |  |                                                                                     |
|                                                                                   | <b>ENSAYOS DENSIDAD RELATIVA DE AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO</b> |  |                                                                                     |

**TESIS:** EFICACIA DEL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS (bagazo de caña de azúcar y carrizo) PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO ECOLÓGICO

**SOLICITANTE:** BACH. Nuler Alexander Del Aguila Santiago  
**LABORATORIO:** UDH-ESPERANZA  
**FECHA:** 11/07/2024

**1 REFERENCIAS**

ASTM C- 127 Standard Test method for Density Relative (Specific Gravity) and Absortion of Coarse Aggregate

**2 OBJETIVO:** Determinar la Densidad Relativa de agregado grueso para concreto, Materiales por encima de 4.75 mm de diámetro

**3 MATERIALES:** Granulos HORMIGON

**3.1** Tamiz de 4.75 mm. Canastilla  
**3.2** Grameras Marca ELE de precisión electrónica 30 Kg

**4 DATOS DE MUESTREO**

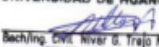
|                          |                |              |            |             |      |
|--------------------------|----------------|--------------|------------|-------------|------|
| FECHA DE EXPLORACIÓN :   | Julio del 2024 | Tipo Muestra | Laborator. | Calicata Nº | C-01 |
| Profundidad de Muestreo: | Superficial    | Muestra Nº   | M-01       | Estrato Nº  | E-01 |
| Coordenadas Geodésicas:  | X= 363984.00   | Y= 363984.00 |            | Z=          | 1943 |
| Ubicación de Muestreo:   | Figuerola      |              |            |             |      |

**5 ANALISIS**

| ENSAYOS                                                              | TEST - 01               | TEST - 02               | TEST - 03               |
|----------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Masa Aparente del agregado Saturado en Agua (Peso Sumergido) = ( C ) | 549.3 g                 | 554.7 g                 | 565.4 g                 |
| Masa Saturado Superficialmente Seco del agregado ( B )               | 880.8 g                 | 882.1 g                 | 907.4 g                 |
| Masa Seco del Agregado al Horno ( A )                                | 874.3 g                 | 877.8 g                 | 897.8 g                 |
| Estado Seco del Agregado ( OD ) P.E. Aparente                        | 2.637 g/cm <sup>3</sup> | 2.681 g/cm <sup>3</sup> | 2.625 g/cm <sup>3</sup> |
| Estado Saturado del Agregado ( SSD )                                 | 2.657 g/cm <sup>3</sup> | 2.694 g/cm <sup>3</sup> | 2.653 g/cm <sup>3</sup> |
| Humedad Absorbido por el Agregado ( %W ) (B-A)/A                     | 0.74 %                  | 0.49 %                  | 1.07 %                  |

**6 RESULTADOS**

| DENSIDADES                                     | DENSIDAD RELATIVO (Densidad Especifica) | DENSIDAD DE MASA (Densidad) | Absorción de Agua |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| Estado Seco del Agregado Para el Concreto (OD) | 2.51 g/cm <sup>3</sup>                  | 2510 Kg/m <sup>3</sup>      | 1.46 %            |
| Estado Saturado del Agregado Concreto SSD      | 2.51 g/cm <sup>3</sup>                  | 2510 Kg/m <sup>3</sup>      |                   |

**FIRMA:**   
 Bach./Ing. CIVIL Nuler G. Trajo Noris  
 JEFE DE LABORATORIO  
 Mecánica de Suelos y Topografía

## ANEXO 5

### RESULTADO DE PESO VOLUMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO

|                                                                                   |                                                |  |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO</b>                  |  |  |
|                                                                                   | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y TOPOGRAFÍA |  |                                                                                     |
|                                                                                   | FACULTAD DE INGENIERÍA – P.A. INGENIERÍA CIVIL |  |                                                                                     |
|                                                                                   | <b>PESO VOLUMÉTRICO DE AGREGADO GRUESO</b>     |  |                                                                                     |

**TESIS:** EFICACIA DEL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS (bagazo de caña de azúcar y carrizo)  
 PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO ECOLÓGICO

**SOLICITANTE:** BACH. Nuler Alexannder Del Aguila Santiago  
**LABORATORIO:** UDH-ESPERANZA  
**FECHA:** 11/07/2024

**1 REFERENCIAS**  
 ASTM C- 29 Standard Test method for Bulk Density (Unit Weight) and Voids in Aggregate

**2 OBJETIVO:** Determinar el peso volumétrico de los Agregados Suelos y Varillados Para la Variación de Volumen en el Diseño de Concreto.

**3 MATERIALES:** Granulos HORMIGON cantera de: **Figueroa**

**3.1** Recipientes para peso volumétrico  
**3.2** Grameras Marca ELE de precisión electrónica 30 Kg

**4 DATOS DE MUESTREO**

|                          |                |              |            |             |      |
|--------------------------|----------------|--------------|------------|-------------|------|
| FECHA DE EXPLORACIÓN :   | Julio del 2024 | Tipo Muestra | Laborator. | Calicata N° | C-01 |
| Profundidad de Muestreo: | Superficial    | Muestra N°   | M-01       | Estrato N°  | E-01 |
| Coordenadas Geodésicas:  | X= 363984.00   | Y= 363984.00 |            | Z= 1943     |      |
| Ubicación de Muestreo:   | Figueroa       |              |            |             |      |
| Datos del Recipiente:    | Diametro:      | 15.24 cm     | Altura:    | 11.75 cm    |      |

**5 ANALISIS**

| ENSAYOS                                      | TEST - 01                 | TEST - 02                 | TEST - 03                 |
|----------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Peso del Agregado VARILLADO + Recipiente     | 9182.0 g                  | 9247.0 g                  | 9229.0 g                  |
| Peso del Agregado SUELTO + Recipiente        | 8702.0 g                  | 8711.0 g                  | 8766.0 g                  |
| Volumen del Recipiente (1/10 ft)             | 2142.92 cm <sup>3</sup>   | 2142.92 cm <sup>3</sup>   | 2142.92 cm <sup>3</sup>   |
| Peso del RECIPIENTE                          | 6020.0 g                  | 6020.0 g                  | 6020.0 g                  |
| Peso Volumetrico del agregado Seco VARILLADO | 1475.56 Kg/m <sup>3</sup> | 1505.89 Kg/m <sup>3</sup> | 1497.49 Kg/m <sup>3</sup> |
| Peso Volumetrico del agregado Seco SUELTO    | 1251.57 Kg/m <sup>3</sup> | 1255.77 Kg/m <sup>3</sup> | 1281.43 Kg/m <sup>3</sup> |

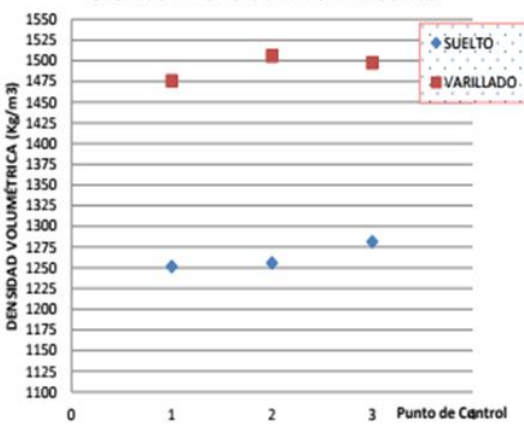
**6 RESULTADOS**

|                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------|
| <b>Promedio Peso Volumétrico Varillado</b><br>1492.98 Kg/m <sup>3</sup> |
| <b>Promedio Peso Volumétrico Suelto</b><br>1262.92 Kg/m <sup>3</sup>    |

**FIRMA:**

  
 Bach. Nuler Alexannder Del Aguila Santiago  
 JEFE DE LABORATORIO  
 Mecánica de Suelos y Topografía

**Gráfico: Densidad Volumétrica**



## ANEXO 6

### RESULTADO DE GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO

|                                                                                   |                                                |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO</b>                  |  |
|                                                                                   | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y TOPOGRAFÍA |                                                                                     |
|                                                                                   | FACULTAD DE INGENIERÍA - P.A. INGENIERÍA CIVIL |                                                                                     |
|                                                                                   | <b>GRANULOMETRÍA</b>                           |                                                                                     |
| CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL AGREGADO FINO                             |                                                |                                                                                     |

**TESIS:** EFICACIA DEL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS (bagazo de caña de azúcar y carrizo)  
 PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO ECOLÓGICO

**SOLICITANTE:** BACH. Nuler Alexander Del Aguila Santiago  
**LABORATORIO:** UDH-ESPERANZA  
**FECHA:** 11/07/2024

**1 REFERENCIAS**

NTP 400.012 ( Análisis granulométrico del agregado fino y agregado grueso)  
 ASTM C-136 -06 (Standard Test method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Agregate)  
 ASTM C 33/C33M-08 (Standar Specification for Concrete Aggegates)

**2 OBJETIVO:** Analizar y representar numericamente la distribución de las partículas por tamaño

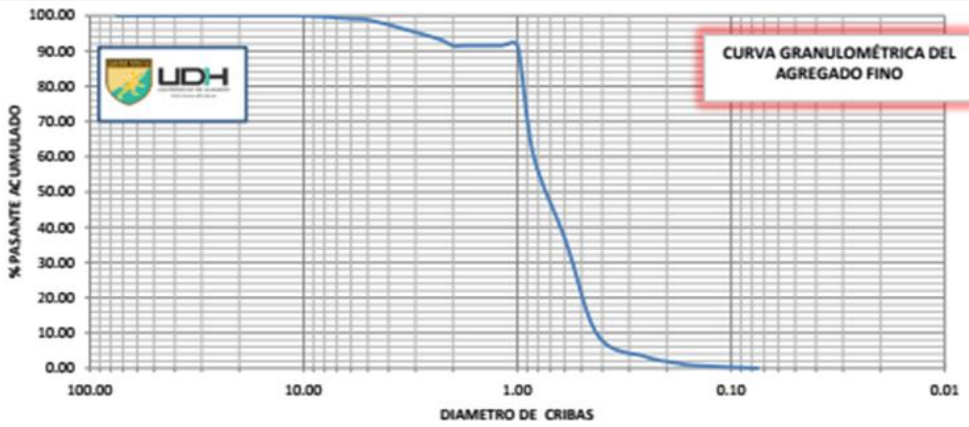
**3 MATERIALES:** Granulos FINOS de la cantera de: **Figueroa**

3.1 Estufa eléctrica de temperatura controlada, badejas de 10x10" - 12x12"  
 3.2 Cribas (Modelo Estándar Test Sieve, ASTM E-11, recipientes para peso específico  
 3.3 Grameras Marca ELE de precisión electrónica 06 Kg y 30 Kg

**4 ANALISIS MECÁNICO**

| CRIBAS       |       | Peso Reten     | %         | % Reten    | % Pasan |
|--------------|-------|----------------|-----------|------------|---------|
| Pulg         | mm    | Gramos         | Retenidos | Acumulados | PASAN   |
| 3"           | 75.00 | 0.00           | 0.00      | 0.00       | 100.00  |
| 2 1/2"       | 63.00 | 0.00           | 0.00      | 0.00       | 100.00  |
| 2"           | 50.00 | 0.00           | 0.00      | 0.00       | 100.00  |
| 1 1/2"       | 38.10 | 0.00           | 0.00      | 0.00       | 100.00  |
| 1"           | 25.40 | 0.00           | 0.00      | 0.00       | 100.00  |
| 3/4"         | 19.00 | 0.00           | 0.00      | 0.00       | 100.00  |
| 1/2"         | 12.50 | 0.00           | 0.00      | 0.00       | 100.00  |
| 3/8"         | 9.50  | 2.10           | 0.09      | 0.09       | 99.91   |
| 1/4"         | 6.30  | 15.80          | 0.70      | 0.80       | 99.20   |
| 4            | 4.75  | 14.90          | 0.66      | 1.46       | 98.54   |
| 8            | 2.36  | 113.60         | 5.06      | 6.52       | 93.48   |
| 10           | 2.00  | 43.90          | 1.96      | 8.48       | 91.52   |
| 12           | 1.70  | 0.00           | 0.00      | 8.48       | 91.52   |
| 16           | 1.18  | 0.00           | 0.00      | 8.48       | 91.52   |
| 18           | 1.00  | 0.00           | 0.00      | 8.48       | 91.52   |
| 20           | 0.84  | 697.50         | 31.07     | 39.55      | 60.45   |
| 30           | 0.595 | 542.60         | 24.17     | 63.71      | 36.29   |
| 40           | 0.420 | 605.80         | 26.98     | 90.70      | 9.30    |
| 60           | 0.250 | 136.60         | 6.08      | 96.78      | 3.22    |
| 80           | 0.177 | 40.90          | 1.82      | 98.61      | 1.39    |
| 100          | 0.150 | 13.50          | 0.60      | 99.21      | 0.79    |
| 200          | 0.075 | 17.80          | 0.79      | 100.00     | 0.00    |
| cazoleta:    |       | 0.00           | 0.00      | 100.00     | 0.00    |
| <b>TOTAL</b> |       | <b>2245.00</b> |           |            |         |

|                         |                   |
|-------------------------|-------------------|
| W NAT + Bandeja         | 2514.00 gr        |
| W Seco + Bandeja        | 2302.00 gr        |
| W Lav.Seco + Band.      | 2302.00 gr        |
| Bandeja                 | 57.00 gr          |
| <b>MUESTRA NATURAL=</b> | <b>2457.00 g.</b> |
| <b>MUESTRA SECA=</b>    | <b>2245.00 g.</b> |
| Error Mecánico < al     | 0.00 g            |
| 1%                      | 0.00 %            |
| Peso del AGUA           | 212.00 g          |
| Contenido de AGUA       | 9.44 %            |
| TAMANO MAXIMO           | 19.000 mm         |
| TAMANO NOMINAL          | 12.500 mm         |
| Módulo de Finesa        | 2.70              |
| % Contenido de Gruesos  | 1.46 %            |
| % Contenido de Finos    | 98.54 %           |
| % Contenido < a 200     | 0.00 %            |



**CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO FINO**

**FIRMA:** UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
  
 Ing. Nuler Alexander Del Aguila Santiago  
 JEFE DE LABORATORIO  
 Mecánica de Suelos y Topografía

## ANEXO 7

### RESULTADO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

|                                                                                   |                                                |  |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO</b>                  |  |  |
|                                                                                   | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y TOPOGRAFÍA |  |                                                                                     |
|                                                                                   | FACULTAD DE INGENIERÍA - P.A. INGENIERÍA CIVIL |  |                                                                                     |
|                                                                                   | <b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO</b>  |  |                                                                                     |

**TESIS:** EFICACIA DEL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS (bagazo de caña de azúcar y carrizo) PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO ECOLÓGICO

**SOLICITANTE:** BACH. Nuler Alexander Del Aguila Santiago

**LABORATORIO:** UDH-ESPERANZA

**FECHA:** 11/07/2024

**1 REFERENCIAS**

ASTM D - 2216 Standard Test method for Laboratory Determinación of Water (Moisture) Content of Soil And Rock by Mass

ASTM D - 4643 Standard Test method for Determinación of Water (Moisture) Content of Soil by the Microwave oven Heating.

**2 OBJETIVO:** Determinar el contenido de Humedad del material por masa

**3 MATERIALES:** Granulos Arena Fina: Figueroa

3.1 Estufa eléctrica de temperatura controlada, bodegas de 10x10" - 12x12"

3.2 Recipientes para peso específico

3.3 Grameras Marca ELE de precisión electrónica 06 Kg y 30 Kg

**4 DATOS DE MUESTREO**

|                          |                |              |            |             |      |
|--------------------------|----------------|--------------|------------|-------------|------|
| FECHA DE EXPLORACIÓN :   | Julio del 2024 | Tipo Muestra | Laborator. | Calicata Nº | C-01 |
| Profundidad de Muestreo: | Superficial    | Muestra Nº   | M-01       | Estrato Nº  | E-01 |
| Coordenadas Geodésicas:  | X= 363984.00   | Y= 363984.00 |            | Z=          | 1943 |
| Ubicación de Muestreo:   | Figueroa       |              |            |             |      |

**5 ANALISIS**

| ENSAYOS                       | M - 01        | M - 02        | M - 03        |
|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Peso Natural Húmedo + Bandeja | 794.10 g      | 833.20 g      | 852.80 g      |
| Peso Natural Seco + Bandeja   | 769.60 g      | 806.30 g      | 844.90 g      |
| Peso de Bandeja               | 47.50 g       | 50.10 g       | 48.40 g       |
| Peso del Suelo Húmedo         | 746.60 g      | 783.10 g      | 804.40 g      |
| Peso Suelo Seco               | 722.10 g      | 756.20 g      | 796.50 g      |
| Peso del Agua                 | 24.50 g       | 26.90 g       | 7.90 g        |
| <b>% CONTENIDO DE HUMEDAD</b> | <b>3.39 %</b> | <b>3.56 %</b> | <b>0.99 %</b> |

**6 RESULTADOS**

|                                                            |                       |
|------------------------------------------------------------|-----------------------|
| CONTENIDO DE HUMEDAD                                       | 2.65 %                |
| Agua: peso y volumen de Agua en el Punto de Investigación. | 19.12 g               |
|                                                            | 19.12 cm <sup>3</sup> |



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

FIRMA: Bachelier Luis Javier B. Trujillo Morales  
CITA DE LABORATORIO  
Mecánica de Suelos y Topografía

## ANEXO 8

### RESULTADO DE DENSIDAD RELATIVA DEL AGREGADO FINO

|                                                                                   |                                                                 |  |  |  |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO</b>                                   |  |  |  |  |
|                                                                                   | <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y TOPOGRAFÍA</b>           |  |  |  |                                                                                     |
|                                                                                   | <b>FACULTAD DE INGENIERÍA – P.A. INGENIERÍA CIVIL</b>           |  |  |  |                                                                                     |
|                                                                                   | <b>ENSAYOS DENSIDAD RELATIVA DE AGREGADO FINO PARA CONCRETO</b> |  |  |  |                                                                                     |

**TESIS:** EFICACIA DEL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS (bagazo de caña de azúcar y carrizo) PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO ECOLÓGICO  
**SOLICITANTE:** BACH. Nuler Alexander Del Aguila Santiago  
**LABORATORIO:** UDH-ESPERANZA  
**FECHA:** 11/07/2024

**1 REFERENCIAS**  
 ASTM C- 127 Standard Test method for Density Relative (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate

**2 OBJETIVO:** Determinar la Densidad Relativa de agregado grueso para concreto, Materiales por encima de 4.75 mm de diámetro

**3 MATERIALES:** Granulos Arena GRUESA:  
 3.1 Tamiz de 4.75 mm. Canastilla  
 3.2 Grameras Marca ELE de precisión electrónica 30 Kg

**4 DATOS DE MUESTREO**

|                          |                |              |            |             |      |
|--------------------------|----------------|--------------|------------|-------------|------|
| FECHA DE EXPLORACIÓN :   | Julio del 2024 | Tipo Muestra | Laborator. | Calicata N° | C-01 |
| Profundidad de Muestreo: | Superficial    | Muestra N°   | M-01       | Estrato N°  | E-01 |
| Coordenadas Geodésicas:  | X= 363984.00   | Y= 363984.00 |            | Z= 1943     |      |
| Ubicación de Muestreo:   | Figuerroa      |              |            |             |      |

**5 ANALISIS**

| ENSAYOS                                           | TEST - 01               | TEST - 02               | TEST - 03               |
|---------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Arena Saturada Superficialmente Seca ( S )        | 163.9 g                 | 165.4 g                 | 151.5 g                 |
| Masa + Picnómetro + Agua = ( B )                  | 325.7 g                 | 325.7 g                 | 325.7 g                 |
| Masa + Picnómetro + Agua + Arena Saturada = ( C ) | 431.9 g                 | 437.1 g                 | 420.4 g                 |
| Masa Seco del Agregado al Horno ( A )             | 155.5 g                 | 158.6 g                 | 149.4 g                 |
| Estado Seco del Agregado ( OD ) P.E. Aparente     | 2.695 g/cm <sup>3</sup> | 2.937 g/cm <sup>3</sup> | 2.630 g/cm <sup>3</sup> |
| Estado Saturado del Agregado ( SSD )              | 2.841 g/cm <sup>3</sup> | 3.063 g/cm <sup>3</sup> | 2.667 g/cm <sup>3</sup> |
| Humedad Absorbido por el Agregado ( %W ) (S-A)/A  | 5.40 %                  | 4.29 %                  | 1.41 %                  |

**6 RESULTADOS**

| DENSIDADES                                     | DENSIDAD RELATIVO (Densidad Específica) | DENSIDAD DE MASA (Densidad) | Absorción de Agua |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| Estado Seco del Agregado Para el Concreto (OD) | 2.75 g/cm <sup>3</sup>                  | 2754 Kg/m <sup>3</sup>      | 3.70 %            |
| Estado Saturado del Agregado Concreto SSD      | 2.86 g/cm <sup>3</sup>                  | 2857 Kg/m <sup>3</sup>      |                   |

**FIRMA:**   
 Bach. Nuler Alexander Del Aguila Santiago  
 JEFE DE LABORATORIO  
 Mecánica de Suelos y Topografía



## ANEXO 9

### RESULTADO DE PESO VOLUMÉTRICO DEL AGREGADO FINO

|                                                                                   |                                                |  |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO</b>                  |  |  |
|                                                                                   | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y TOPOGRAFÍA |  |                                                                                     |
|                                                                                   | FACULTAD DE INGENIERÍA – P.A. INGENIERÍA CIVIL |  |                                                                                     |
|                                                                                   | <b>PESO VOLUMÉTRICO DE AGREGADO FINO</b>       |  |                                                                                     |

**TESIS:** EFICACIA DEL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS (bagazo de caña de azúcar y carrizo) PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO ECOLÓGICO

**SOLICITANTE:** BACH. Nuler Alexander Del Aguila Santiago  
**LABORATORIO:** UDH-ESPERANZA  
**FECHA:** 11/07/2024

**1 REFERENCIAS**  
 ASTM C- 29 Standard Test method for Bulk Density (Unit Weight) and Voids in Aggregate

**2 OBJETIVO:** Determinar el peso volumétrico de los Agregados Suelos y Varillados Para la Variación de Volumen en el Diseño de Concreto.

**3 MATERIALES:** Granulos Arena GRUESA:

**3.1** Recipientes para peso volumétrico  
**3.2** Grameras Marca ELE de precisión electrónica 30 Kg

**4 DATOS DE MUESTREO**

|                          |                |              |            |             |      |
|--------------------------|----------------|--------------|------------|-------------|------|
| FECHA DE EXPLORACIÓN :   | Julio del 2024 | Tipo Muestra | Laborator. | Calicata N° | C-01 |
| Profundidad de Muestreo: | Superficial    | Muestra N°   | M-01       | Estrato N°  | E-01 |
| Coordenadas Geodésicas:  | X= 363984.00   | Y= 363984.00 |            | Z=          | 1943 |
| Ubicación de Muestreo:   | Figueroa       |              |            |             |      |
| Datos del Recipiente:    | Diametro:      | 15.24 cm     | Altura:    | 11.75 cm    |      |

**5 ANALISIS**

| ENSAYOS                                      | TEST - 01                 | TEST - 02                 | TEST - 03                 |
|----------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Peso del Agregado VARILLADO + Recipiente     | 9386.0 g                  | 9417.0 g                  | 9420.0 g                  |
| Peso del Agregado SUELTO + Recipiente        | 9143.0 g                  | 9160.0 g                  | 9140.0 g                  |
| Volumen del Recipiente (1/10 ft)             | 2142.92 cm <sup>3</sup>   | 2142.92 cm <sup>3</sup>   | 2142.92 cm <sup>3</sup>   |
| Peso del RECIPIENTE                          | 6020.0 g                  | 6020.0 g                  | 6020.0 g                  |
| Peso Volumetrico del agregado Seco VARILLADO | 1570.76 Kg/m <sup>3</sup> | 1585.22 Kg/m <sup>3</sup> | 1586.62 Kg/m <sup>3</sup> |
| Peso Volumetrico del agregado Seco SUELTO    | 1457.36 Kg/m <sup>3</sup> | 1465.29 Kg/m <sup>3</sup> | 1455.96 Kg/m <sup>3</sup> |

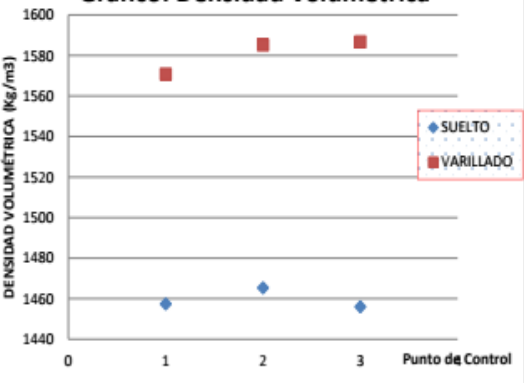
**6 RESULTADOS**

|                                     |
|-------------------------------------|
| Promedio Peso Volumétrico Varillado |
| 1580.87 Kg/m <sup>3</sup>           |
| Promedio Peso Volumétrico Suelto    |
| 1459.54 Kg/m <sup>3</sup>           |

**FIRMA:**

  
 Nuler Alexander Del Aguila Santiago  
 JEFE DE LABORATORIO  
 Mecánica de Suelos y Topografía

**Gráfico: Densidad Volumétrica**



| Punto de Control | SUELTO (Kg/m <sup>3</sup> ) | VARILLADO (Kg/m <sup>3</sup> ) |
|------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| 1                | 1457.36                     | 1570.76                        |
| 2                | 1465.29                     | 1585.22                        |
| 3                | 1455.96                     | 1586.62                        |

# ANEXO 10

## DISEÑO DE MEZCLA

|                                                                                   |                                                |  |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO</b>                  |  |  |
|                                                                                   | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y TOPOGRAFÍA |  |                                                                                     |
|                                                                                   | FACULTAD DE INGENIERÍA – P.A. INGENIERÍA CIVIL |  |                                                                                     |
|                                                                                   | <b>DOSIFICACIÓN PARA CONCRETO</b>              |  |                                                                                     |

**TESIS:** EFICACIA DEL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS (bagazo de caña de azúcar y carrizo) PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO ECOLÓGICO

**SOLICITANTE:** BACH. Nuler Alexander Del Aguila Santiago  
**LABORATORIO:** UDH-ESPERANZA  
**FECHA:** 12/07/2024

**1 Estandarización Inicial Para la Dosificación**

|     |                                                                                                                     |                               |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 1.1 | Condición de Trabajabilidad                                                                                         | Concreto Sin Aire Incorporado |
| 1.2 | Factor Requerido ( $f'_{cr}$ )                                                                                      | 0.00 MPa                      |
| 1.3 | Resistencia de específica ( $f'_c$ )                                                                                | 210 Kg/cm <sup>2</sup>        |
| 1.4 | Resistencia de Diseño ( $f'_{cr}$ )                                                                                 | 294                           |
| 1.5 | Tamaño Máximo Nominal del Agregado                                                                                  | 1/2"                          |
| 1.6 | Módulo de Finura del agregado en el Diseño (M F)                                                                    | 2.70                          |
| 1.7 | Agua de Mezcla SLUMP: 2" a 4" TMN (ACI Tabla 6.3.3)                                                                 | 197.00                        |
| 1.8 | Cantidad de Aire por TMN (ACI Tabla 6.3.3)                                                                          | 2.5 %                         |
| 1.9 | Relación Agua / Cemento $f'_{cr}$ (ACI Tabla 6.3.4)                                                                 | 0.55                          |
| 2.0 | Factor de Participación de Agregado Grueso en volumen según MF y TMN del agregado grueso (ACI Tabla 6.3.6) F.P.A.G. | 0.560                         |

| DOSIFICACION DE MATERIALES CORREGIDOS |            |          |                   |
|---------------------------------------|------------|----------|-------------------|
| Cemento:                              |            | 358.1818 | Kg/m <sup>3</sup> |
| Agua                                  |            | 213.1616 | lt/m <sup>3</sup> |
| Agregado Fino Seco                    |            | 936.5862 | Kg/m <sup>3</sup> |
| Agregado Grueso Seco                  |            | 841.441  | Kg/m <sup>3</sup> |
|                                       | Densidad = | 2349.371 | Kg/m <sup>3</sup> |

| DOSIFICACION X BOLSA |            |                            |
|----------------------|------------|----------------------------|
| Cemento:             |            | 1 BOLSA                    |
| Agua                 |            | 25.29266 lt                |
| Agregado Fino Seco   |            | 111.1305 Kg                |
| Agregado Grueso Seco |            | 99.84103 Kg                |
|                      | Densidad = | 2349.371 Kg/m <sup>3</sup> |

| RESIDUO ORGANICO |          |
|------------------|----------|
| 1.50%            | 922.86 g |

**FIRMA:**



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
Bach. Ing. Civil Nival B. Trujillo  
JEFE DE LABORATORIO  
Mecánica de Suelos y Topografía



## ANEXO 11

### DISEÑO DE MEZCLA CON ADICIÓN DEL RESIDUO ORGÁNICO



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y TOPOGRAFÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA - P.A. INGENIERÍA CIVIL



### DOSIFICACIÓN PARA CONCRETO CON ADICIÓN DEL RESIDUO ORGÁNICO

COMITÉ 211 A.C.I.

**1 PROCESO DE CÁLCULOS**

Cemento: Blended IP y = 3.07  
Cemento Portland y = 3.15

**2 AGREGADO FINO**

Peso Espec. Masa y = 2.75  
Absorción = 3.70 %  
N.W. = 2.65 %  
M.F. = 2.70

**3 AGREGADO GRUESO**

T.M.N. = 1/2"  
Peso Saco Compactado = 1492.08  
Peso Espec. Masa y = 2.5100  
Absorción = 1.46 %  
N.W. = 0.67 %  
M.F. = 7.81

**4 R. AGUA CEMENTO**

| F'c | A/C  |
|-----|------|
| 210 | 0.55 |
| 245 | 0.45 |

**5 F.P.A.G.**

| L. Sup | M.F.  | L. Inf. |
|--------|-------|---------|
| 2.8    | 2.70  | 2.6     |
| 0.55   | 0.540 | 0.57    |

**6 Contenido de Cemento**

358.18 Kg

**7 PESO AGREGADO GRUESO**

F.P.A.G. \* Pv Var/Blado  
835.81 Kg/m<sup>3</sup>

**8 Contenido de Aire**

| TMN    | Air AS |
|--------|--------|
| 3/8"   | 1.0 %  |
| 1/2"   | 2.5 %  |
| 3/4"   | 2.0 %  |
| 1"     | 1.5 %  |
| 1 1/2" | 1.0 %  |
| 2"     | 0.5 %  |
| 3"     | 0.3 %  |
| 6"     | 0.2 %  |

**9 VOLUMENES ABSOLUTO**

Cemento: 0.1137 m<sup>3</sup>  
Agua: 0.197 m<sup>3</sup>  
Aire: 0.025 m<sup>3</sup>  
Ag. Grueso: 0.333 m<sup>3</sup>  
Suma ABS: 0.6687 m<sup>3</sup>

**11 VOLUMEN AGREGADO FINO**

1-Sum.ABS = 0.3313 m<sup>3</sup>  
Peso y \* vol = 912.43 Kg/m<sup>3</sup>

**12 VALORES Y DISEÑOS**

Cemento: 358.18 Kg/m<sup>3</sup>  
Agua: 197.00 l/m<sup>3</sup>  
Agregado Fino Seco: 912.43 Kg/m<sup>3</sup>  
Agregado Grueso Seco: 835.81 Kg/m<sup>3</sup>

**13 CORRECCION POR HUMEDAD**

Cemento: 358.18 Kg/m<sup>3</sup>  
Agua: 197.00 l/m<sup>3</sup>  
Ag. Fino Seco + N.W: 936.59 Kg/m<sup>3</sup>  
Ag. Grueso Seco + N.W: 841.44 Kg/m<sup>3</sup>

**14 HUMEDAD SUPERFICIAL**

(N.W.-Absorción)  
Fino -1.05 %  
Grueso -0.79 %

**15 CORRECCION DEL AGUA**

Fino = Hum Sup -9.590 l/m<sup>3</sup>  
Grueso= Hum Sup -6.572 l/m<sup>3</sup>  
-16.162 l/m<sup>3</sup>  
Agua Corregida= 213.162 l/m<sup>3</sup>

**16 DOSIFICACION DE MATERIALES CORREGIDOS**

Cemento: 358.18 Kg/m<sup>3</sup>  
Agua: 213.16 l/m<sup>3</sup>  
Agregado Fino Seco: 936.59 Kg/m<sup>3</sup>  
Agregado Grueso Seco: 841.44 Kg/m<sup>3</sup>  
Densidad = 2349.37 Kg/m<sup>3</sup>

**17 DOSIFICACION X BOLSA**

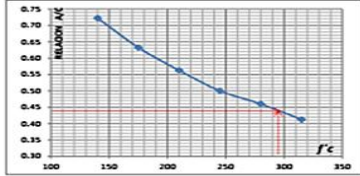
Cemento: 1.00 BOLSA  
Agua: 25.29 lt  
Agregado Fino Seco: 111.13 Kg  
Agregado Grueso Seco: 99.84 Kg  
Densidad = 2349.37 Kg/m<sup>3</sup>

**18 DOSIFICACION x1/ 2 de bolsa**

Cemento: 21.25 kg  
Agua: 12.65 lt  
Agregado Fino Seco: 55.57 Kg  
Agregado Grueso Seco: 49.92 Kg

**19 DOSIFICACION 5301.4**

Cemento: 1.899  
Agua: 1.130  
Agregado Fino Seco: 4.965  
Agregado Grueso Seco: 4.461



**VOLUMEN DE AGUA LITROS/m<sup>3</sup>**

| TMN       | 1" a 2" | 3" a 4" | 4" a 6" | 6" a 7" |
|-----------|---------|---------|---------|---------|
| 1.5 Pulg. | 185     | 212     | 201     | 227     |
| 3.5 Pulg. | 215.50  | 238.50  | 230     | 250     |
| 5.0 Pulg. | 216     | 208.00  | 227.00  | 219     |
| 6.5 Pulg. | 219     | 238     | 227     |         |
| 1"        | 163     | 182     | 178     | 197     |
| 1 1/2"    | 153     | 170     | 170     | 185     |
| 2"        | 148     | 163     | 163     | 178     |
| 3"        | 136     | 151     | 151     | 167     |

**CANTIDAD DE AGUA**

| TMN    | 1.5    | 3.5    | 6.5    |
|--------|--------|--------|--------|
| 3/8"   | 201.00 | 215.50 | 230.00 |
| 1/2"   | 197.00 | 208.00 | 219.00 |
| 3/4"   | 185.00 | 196.50 | 208.00 |
| 1"     | 178.00 | 187.50 | 197.00 |
| 1 1/2" | 170.00 | 177.50 | 185.00 |
| 2"     | 163.00 | 170.00 | 178.00 |
| 3"     | 151.00 | 157.00 | 163.00 |

**Interpolación A/C Aire**

| F'c     | Relación A/C con Aire |
|---------|-----------------------|
| 28 días | 2, 3.5, 4             |
| 140     | 0.76, 0.72, 0.71      |
| 175     | 0.67, 0.63, 0.62      |
| 210     | 0.60, 0.56, 0.55      |
| 245     | 0.53, 0.50, 0.49      |
| 280     | 0.49, 0.46, 0.45      |
| 315     | 0.45, 0.41, 0.40      |
| 350     | 0.40                  |

**A/C con Aire Atrapado**

| F'c     | Relación A/C con contenidos Aire |
|---------|----------------------------------|
| 28 días | 2%, 4%, 6%, 8%                   |
| 140     | 0.76, 0.71, 0.67, 0.60           |
| 175     | 0.67, 0.62, 0.58, 0.51           |
| 210     | 0.60, 0.55, 0.51, 0.45           |
| 245     | 0.53, 0.49, 0.45, 0.37           |
| 280     | 0.49, 0.45, 0.40, 0.33           |
| 315     | 0.45, 0.40, 0.36, 0.29           |
| 350     | 0.40                             |

**CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO**

| TMN    | Exp. Suaves | Exp. Moderada | Exp. Severa |
|--------|-------------|---------------|-------------|
| 3/8"   | 4.5 %       | 6.0 %         | 7.5 %       |
| 1/2"   | 4.0 %       | 5.5 %         | 7.0 %       |
| 3/4"   | 3.5 %       | 5.0 %         | 6.5 %       |
| 1"     | 3.0 %       | 4.5 %         | 6.0 %       |
| 1 1/2" | 2.5 %       | 4.0 %         | 5.5 %       |
| 2"     | 2.0 %       | 3.5 %         | 5.0 %       |
| 3"     | 1.5 %       | 3.0 %         | 4.5 %       |
| 6"     | 1.0 %       | 2.5 %         | 4.0 %       |

**RELACION DE AGUA CEMENTO POR RESISTENCIA**

| F'c     | Relación A/C TMN peso |
|---------|-----------------------|
| 28 días | 3/8", 3/4", 1 1/2"    |
| 140     | 0.87, 0.85, 0.80      |
| 175     | 0.79, 0.76, 0.71      |
| 210     | 0.72, 0.69, 0.64      |
| 245     | 0.66, 0.62, 0.58      |
| 280     | 0.61, 0.58, 0.53      |
| 315     | 0.57, 0.53, 0.49      |
| 350     | 0.53, 0.49, 0.45      |

**Relación Agua Cemento Por Peso del Cemento**

| A/C  | F'c (con Esp.) | F'c (con Aire Incorp.) | F'c (con P.S.G.) |
|------|----------------|------------------------|------------------|
| 0.40 | 185            | 414                    | 315              |
| 0.45 | 350            | 365                    | 280              |
| 0.50 | 305            | 329                    | 250              |
| 0.55 | 280            | 298                    | 230              |
| 0.60 | 240            | 265                    | 195              |
| 0.65 | 215            | 250                    | 182              |
| 0.70 | 180            | 234                    | 150              |
| 0.75 | 170            | 223                    | 140              |

**RELACION A/C peso**

| F'c     | Relación A/C peso                 |
|---------|-----------------------------------|
| 28 días | 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 |
| 150     | 0.80, 0.71                        |
| 200     | 0.70, 0.61                        |
| 250     | 0.62, 0.53                        |
| 300     | 0.55, 0.53                        |
| 350     | 0.48, 0.46                        |
| 400     | 0.43, 0.40                        |
| 450     | 0.30                              |

**RESIDUO ORGANICO**

| Densidad material | 1.38 g/cm <sup>3</sup> |
|-------------------|------------------------|
| 5.00%             | 5.93 Btros, 8.19 kg    |
| 10.00%            | 11.87 Btros, 16.37 kg  |
| 20.00%            | 23.73 Btros, 32.75 kg  |

**RESIDUO ORGANICO**

| Densidad material | 1.38 g/cm <sup>3</sup> |
|-------------------|------------------------|
| 5.00%             | 2.97 Btros, 4.09 kg    |
| 10.00%            | 5.93 Btros, 8.19 kg    |
| 20.00%            | 11.87 Btros, 16.37 kg  |

**RESIDUO ORGANICO**

| Densidad material | 1.38 g/cm <sup>3</sup> |
|-------------------|------------------------|
| 5.00%             | 0.77 Btros, 0.37 kg    |
| 10.00%            | 0.51 Btros, 0.71 kg    |
| 20.00%            | 1.06 Btros, 1.46 kg    |

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

FIRMA: 

Bach./Ing. Civil Nival G. Trejo Noria  
JEFE DE LABORATORIO  
Mecánica de Suelos y Topografía

## ANEXO 12

### PANEL FOTOGRÁFICO



Recolección de los residuos orgánicos (bagazo de caña de azúcar y carrizo), procedente de la hacienda Fundo Pacán, que se ubica en el Jr. Huascarán 2, Amarilis-Huánuco.



Materiales para la elaboración del concreto.





Proceso de molido de los residuos orgánicos (bagazo de caña de azúcar y carrizo) con un molino adaptado.



Ejecución de pruebas de laboratorio para conocer las características físicas y mecánicas de los agregados para la elaboración de un concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup>.



Ejecución de pruebas de laboratorio para conocer las características físicas y mecánicas de los agregados para la elaboración de un concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup>.



Ejecución de pruebas de laboratorio para conocer las características físicas y mecánicas de los agregados para la elaboración de un concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup>.





Ejecución de pruebas de laboratorio para conocer las características físicas y mecánicas de los agregados para la elaboración de un concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup>.



Pesaje de los materiales para la elaboración del concreto de acuerdo al diseño de mezcla, en las instalaciones del laboratorio de la Universidad de Huánuco.



Procedimiento de la mezcla de materiales con ayuda de una mezcladora de concreto para obtener el concreto fresco en las instalaciones del laboratorio de la Universidad de Huánuco.



Procedimiento de la mezcla de materiales con ayuda de una mezcladora de concreto para obtener el concreto fresco en las instalaciones del laboratorio de la Universidad de Huánuco.

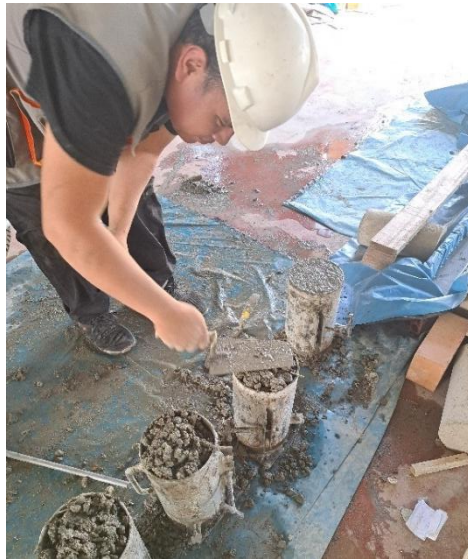




Ejecución del procedimiento para la prueba de Slump, de acuerdo al diseño de mezcla se obtuvo el revenimiento adecuado.



Ejecución del procedimiento de introducción de concreto fresco a los moldes, de acuerdo a los Estándares ASTM Designación: C 192/C 192M – 02 Práctica Estándar para Elaboración y Curado en el Laboratorio de Especímenes de Concreto para Ensayo.



Ejecución del procedimiento de introducción de concreto fresco a los moldes, de acuerdo a los Estándares ASTM Designación: C 192/C 192M – 02 Práctica Estándar para Elaboración y Curado en el Laboratorio de Especímenes de Concreto para Ensayo.



Ejecución del procedimiento de rotulado de concreto para su posterior análisis





Ejecución del procedimiento de introducción de concreto fresco a los moldes, de acuerdo a los Estándares ASTM Designación: C 192/C 192M – 02 Práctica Estándar para Elaboración y Curado en el Laboratorio de Especímenes de Concreto para Ensayo.



Visita de la asesora, Mg. Perfecta Sofia Valdivia Martel y el jurado Mg. Frank Camara Llanos a las instalaciones del laboratorio de suelos de la Universidad de Huánuco.



Ejecución del procedimiento de rotura de probetas, de acuerdo a la Norma ASTM C39- Resistencia a la Compresión de Concreto.



Concreto ecológico con adición de carrizo.



Concreto ecológico con adición de bagazo de caña de azúcar,