

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



T E S I S

**Fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de
bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno – Región Pasco**

2022

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Bach. Teodora Dalina DOMINGUEZ SALCEDO

Asesor:

Mg. Hebert Carlos CASTILLO PAREDES

Cerro de Pasco – Perú – 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



T E S I S

**Fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de
bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno – Región Pasco**

2022

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Luis Villar REQUIS CARBAJAL

PRESIDENTE

Mg. José Germán RAMIREZ MEDRANO

MIEMBRO

Mg. Pedro YARASCA CORDOVA

MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ingeniería

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 098-2024-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

Fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022

Apellidos y nombres de los tesistas:

Bach. DOMINGUEZ SALCEDO, Teodora Dalina

Apellidos y nombres del Asesor:

Mg, CASTILLO PAREDES, Hebert Carlos

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Civil

Índice de Similitud

21 %

APROBADO

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 11 de marzo del 2024


UNDA
UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
Luis Villa Requis Carbajal
DOCTOR EN CIENCIAS - DIRECTOR

DEDICATORIA

Para la generación actuales y futuras
ustedes son el cambio del mundo.

“Creímos que el mundo se detuvo, pero
sigue girando. Creo que cada decisión que
tomamos es el principio del cambio, no
del fin. Espero que en este nuevo mundo
podamos decirnos el uno al otro,
bienvenido”.

Kim Namjoon

AGRADECIMIENTO

Recordar aquellas palabras para nuestra vida futura: “Quiero utilizar seriamente todas mis fuerzas para darles las gracias varias veces. ¡GRACIAS POR DARME LAS FUERZAS QUE ME FALTAN! ¡POR IMPULSARME HASTA EL 100%! ¡GRACIAS!

Jeon Jungkook.

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo determinar la fabricación de concreto ligero estructural adicionando cenizas de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno – Región Pasco 2022. Como metodología es un diseño experimental, con un enfoque cuantitativo y una investigación de tipo aplicada, la técnica de utilizada fueron ensayos de laboratorio, cálculos en hojas de Excel y observaciones, la contratación de las hipótesis se realizó mediante el programa estadístico del SPSS.

La utilización de los desechos orgánicos como el de la de Cenizas de bagazo de caña de azúcar, tiene muchos usos, ya sean como abono, o como material para la elaboración de carbón, o como muchas otras utilidades. Sin embargo, nosotros en esta investigación utilizaremos la Cenizas de bagazo de caña de azúcar en relación al cemento y las esferas de poliestireno para concreto ligero son utilizadas en la construcción para reducir el peso del concreto, mejorar su capacidad de aislamiento térmico y disminuir los costos de producción.

En el diseño de concreto ligero, como parte de los objetivos principales que tiene nuestra investigación es determinar el diseño óptimo del concreto ligero, así mismo, determinar las propiedades mecánicas del concreto, sustituyendo parcialmente el cemento por aplicaciones de Cenizas de bagazo de caña de azúcar en los porcentajes del 3%, 6% y 9% con respecto al cemento y las esferas de poliestireno en 40%, 50% y 60%. Por lo tanto, los datos del peso unitario del concreto, donde la muestra patrón general obtuvo un peso unitario de 2453.99 kg/m³ y la muestra del patrón promedio obtuvo 1883.36 kg/m³, este último cumpliendo lo exigido para ser concreto ligero y esto se consiguió con la dosificación de 6 kg/m³ de ceniza de bagazo de caña de azúcar y 50% de esferas de poliestireno, la resistencia a la compresión en la fabricación de concreto ligero estructural adicionando cenizas de bagazo de caña de

azúcar, fue de buena impresión ya que adicionando 6 kg/m³ de ceniza de bagazo de caña de azúcar con respecto al cemento y las esferas de poliestireno en 50% con respecto al agregado grueso, se obtuvo una resistencia a la compresión de 242.90 kg/cm² siendo un 12% de más con respecto al diseño patrón general, la resistencia a la tracción indirecta en la fabricación de concreto ligero estructural adicionando cenizas de bagazo de caña de azúcar, no fue tan buena ya que en las tres dosificaciones la dosificación que más se acercó fue el patrón promedio con dosificación de 6 kg/m³ de ceniza de bagazo de caña de azúcar con respecto al cemento y las esferas de poliestireno en 50% con respecto al agregado grueso, se obtuvo una resistencia a la tracción indirecta de 96% siendo un 6% por debajo con respecto al diseño patrón general y la resistencia a la flexión en la fabricación de concreto ligero estructural adicionando cenizas de bagazo de caña de azúcar, no fue tan buena ya que en las tres dosificaciones la dosificación que más se acercó fue el patrón promedio con dosificación de 6 kg/m³ de ceniza de bagazo de caña de azúcar con respecto al cemento y las esferas de poliestireno en 50% con respecto al agregado grueso, se obtuvo una resistencia a la flexión de 39.36 KN siendo 6.89 KN por debajo con respecto al diseño patrón general.

Palabras clave: Fabricación de concreto ligero estructural, Cenizas de bagazo de caña de azúcar, Esferas de poliestireno.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the manufacturing of structural lightweight concrete by adding sugar cane bagasse ash and polystyrene spheres - Pasco Region 2022. As methodology it is an experimental design, with a quantitative approach and an applied type of research, the technique used were laboratory tests, calculations in Excel sheets and observations, the contracting of the hypotheses was carried out by means of the SPSS statistical program.

The utilization of organic wastes such as sugar cane bagasse ash has many uses, whether as fertilizer, or as material for the production of charcoal, or as many other utilities. However, in this research we will use sugar cane bagasse ash in relation to cement and polystyrene spheres for lightweight concrete are used in construction to reduce the weight of concrete, improve its thermal insulation capacity and reduce production costs.

In the design of lightweight concrete, as part of the main objectives of our research is to determine the optimum design of lightweight concrete, as well as to determine the mechanical properties of the concrete, partially replacing the cement with applications of sugar cane bagasse ash in the percentages of 3%, 6% and 9% with respect to cement and polystyrene spheres in 40%, 50% and 60%. Therefore, the data of the unit weight of the concrete, where the general standard sample obtained a unit weight of 2453.99 kg/m³ and the average standard sample obtained 1883.36 kg/m³, the latter meeting the requirements to be lightweight concrete and this was

achieved with the dosage of 6 kg/m³ of sugar cane bagasse ash and 50% of polystyrene spheres, the compressive strength in the manufacture of structural lightweight concrete with the addition of sugar cane bagasse ash, was of good impression since by adding 6 kg/m³ of sugar cane bagasse ash with respect to cement

and 50% of polystyrene spheres with respect to coarse aggregate, a compressive strength of 242.90 kg/cm² being 12% more with respect to the general standard design, The indirect tensile strength in the manufacture of structural lightweight concrete with the addition of sugar cane bagasse ash was not so good, since in the three dosages the dosage that was closest was the average standard with a dosage of 6 kg/m³ of sugar cane bagasse ash with respect to the cement and the polystyrene spheres at 50% with respect to the coarse aggregate, The flexural strength in the manufacture of structural lightweight concrete with the addition of sugar cane bagasse ash was not so good since in the three dosages, the dosage that was closest was the average standard with a dosage of 6 kg/m³ of sugar cane bagasse ash with respect to the cement and the polystyrene spheres at 50% with respect to the coarse aggregate, and a flexural strength of 39.36 KN was obtained. 36 KN being 6.89 KN below the general standard design.

Keywords: *Structural lightweight concrete manufacturing, Sugar cane bagasse ash, Polystyrene spheres.*

INTRODUCCIÓN

El concreto ligero tiene la misma estructura que el concreto convencional, y cuya densidad es más baja. Son fabricados adicionando agregados de peso ligero, como en este caso adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y las esferas de poliestireno en dosificaciones diferentes para conseguir concreto ligero.

A nivel mundial, en las últimas décadas, el concreto ligero ha incrementado su popularidad, y no porque sea algo nuevo en el campo de la construcción, ya que muchos países lo vienen haciendo desde hace mucho tiempo, y países como Alemania, Suecia y el Reino Unido han producido hormigón con escoria y agregados de carbón, este fue utilizado en la construcción de apartamentos y habitaciones más asequibles, así como en edificios, por otro lado, Estados Unidos realizó este tipo de hormigón mediante la adición de pizarra y arcilla expansiva, y obteniendo el mejor resultado, en términos de resistencia, así como de densidad, baja en comparación con el hormigón convencional. Actualmente, a través de la mejora y el desarrollo continuos de la tecnología y la innovación de materiales, se han logrado grandes avances.

En América Latina, el uso de concreto celular está aumentando, y estos países son los más desarrollados; Brasil y Argentina, países donde hace más de una década se producía concreto celular, y hoy en día el material se comercializa en la fabricación en bloques de concreto (unidades de albañilería) también paneles en la ejecución de estructuras prefabricadas que dan excelentes resultados.

En el Perú el crecimiento poblacional va acompañado del fuerte desarrollo del desarrollo urbano, la construcción de viviendas el cual se requiere materiales de construcción, disminuye la adquisición de las personas, se dificulta la compra de materiales de construcción. sus viviendas, por lo que es importante buscar nuevas técnicas para aumentar la rapidez y al mismo tiempo disminuir los costos y ver la

viabilidad termo acústicos de estos concretos.

INDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

INDICE

INDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema	1
1.2. Delimitación de la investigación.....	3
1.3. Formulación del problema.	4
1.3.1. Problema general.....	4
1.3.2. Problemas Específicos.	4
1.4. Formulación de objetivos.....	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos.	5
1.5. Justificación de la investigación.	5
1.6. Limitaciones de la investigación.....	7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio.....	8
2.2. Bases teóricas – científicas.	11
2.2.1. Concreto Estructural.....	11

2.2.2.	Residuos Sólidos de la Construcción y Demolición	19
2.2.3.	Microsílice.....	21
2.3.	Definición de términos básicos	23
2.3.1.	Resistencia a Compresión	23
2.3.2.	Concreto Mezcla de material aglomerante (conglomerante) y agregados finos y gruesos	23
2.3.3.	Puzolanas.....	23
2.3.4.	Cemento Portland.....	23
2.3.5.	Relación agua/cemento (A/C)	24
2.3.6.	Agregado	24
2.3.7.	Caña de azúcar	24
2.3.8.	Gramínea dicha de una planta	24
2.3.9.	Incineración.....	24
2.3.10.	Ceniza.....	25
2.4.	Formulación de hipótesis	25
2.4.1.	Hipótesis general	25
2.4.2.	Hipótesis Específicos	25
2.5.	Identificación de las variables.....	26
2.5.1.	Variables independientes	26
2.5.2.	Variables dependientes.....	26
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores	27

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de Investigación.....	29
3.2.	Nivel de investigación.....	30

3.3. Métodos de investigación	30
3.4. Diseño de investigación	30
3.5. Población y muestra.....	31
3.5.1. Población.....	31
3.5.2. Muestra.....	31
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	31
3.6.1. Técnicas de recolección de datos	31
3.6.2. Instrumentos de recolección de datos	31
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	32
3.8. Tratamiento estadístico	33
3.9. Orientación ética filosófica y epistémica.....	33

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo.....	34
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados	35
4.2.1. Granulometría del agregado fino	35
4.2.2. Granulometría del agregado Grueso	36
4.2.3. Propiedades físicas de los agregados	37
4.2.4. Dosificación de concreto.....	37
4.2.5. Peso Unitario del Concreto	40
4.2.6. Ensayo de resistencia a la compresión del concreto ASTM C-39	44
4.2.7. Ensayo de resistencia a la tracción indirecta.....	51
4.2.8. Resistencia a la flexión del concreto NTP 339.079-2001	58
4.3. Prueba de Hipótesis.....	61
4.3.1. Prueba de Hipótesis General	61

4.3.2. Prueba de Hipótesis Específico 01	62
4.3.3. Prueba de Hipótesis Específico 02	63
4.3.4. Prueba de Hipótesis Específico 03	68
4.3.5. Prueba de Hipótesis Específico 04	70
4.4. Discusión de resultados.....	72

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ensayos químicos requeridos en muestras de cemento según las especificaciones de la norma ASTM.....	15
Tabla 2: Ensayos físicos obligatorios y opcionales de las normas ASTM para muestras de cemento.....	15
Tabla 3: Composición del hormigón.....	16
Tabla 4: Límites de granulometría según el ASTM.....	17
Tabla 5: Requerimiento de granulometría de los agregados gruesos.....	17
Tabla 6: Requisitos físicos y químicos establecidos en la NTP 334.127 y NPT 334.104.	22
Tabla 7: Operacionalización de Variable Independiente	27
Tabla 8: Operacionalización de Variable dependiente.....	28
Tabla 9: Análisis de Granulometría del agregado Fino.....	35
Tabla 10: Análisis de Granulometría del agregado Grueso	36
Tabla 11: Análisis de las propiedades físicas de los agregados	37
Tabla 12: Resultados del diseño de mezcla método CAI 211	37
Tabla 13: Proporción de aditivos.....	38
Tabla 14: Resultados de dosificación variables	38
Tabla 15: Dosificación de patrón general.....	39
Tabla 16: Dosificación de patrón (-)	39
Tabla 17: Dosificación de patrón (+)	40
Tabla 18: Dosificación de patrón promedio	40
Tabla 19: Peso unitario del concreto patrón general	40
Tabla 20: Peso unitario del concreto patrón (-).....	41
Tabla 21: Peso unitario del concreto patrón (+).....	41

Tabla 22: Peso unitario del concreto patrón promedio.....	41
Tabla 23: Resistencia a la compresión patrón general	45
Tabla 24: Resistencia a la compresión patrón (-).....	46
Tabla 25: Resistencia a la compresión patrón (+).....	47
Tabla 26: Resistencia a la compresión patrón promedio.....	48
Tabla 27: Resistencia a la tracción indirecta patrón general	52
Tabla 28: Resistencia a la tracción indirecta patrón (-).....	53
Tabla 29: Resistencia a la tracción indirecta patrón (+).....	54
Tabla 30: Resistencia a la tracción indirecta patrón promedio	56
Tabla 31: Resistencia a la flexión muestra patrón.....	59
Tabla 32: Resistencia a la flexión muestra (-).....	59
Tabla 33: Resistencia a la flexión muestra (+).....	60
Tabla 34: Resistencia a la flexión muestra promedio.....	60
Tabla 35: Prueba de normalidad resistencia a la compresión	64
Tabla 36: Correlación de Pearson resistencia a la compresión	65
Tabla 37: Prueba T de una muestra resistencia a la compresión.....	66
Tabla 38: ANOVA de un factor resistencia a la compresión	67
Tabla 39: Descriptivos resistencia a la compresión	67
Tabla 40: Correlación de Pearson resistencia a la tracción indirecta	68
Tabla 41: ANOVA de un factor resistencia a la tracción indirecta.....	69
Tabla 42: Descriptivos resistencia a la tracción indirecta	69
Tabla 43: Correlación de Pearson resistencia a la flexión.....	70
Tabla 44: ANOVA de un factor resistencia a la flexión	71
Tabla 45: Descriptivos resistencia a la flexión.....	71

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1: Comparación del peso unitario de todas las muestras.....	42
Gráfico 2: Comparación del peso unitario PG. Vs Patrón (-)	43
Gráfico 3: Comparación del peso unitario PG. Vs Patrón (+)	43
Gráfico 4: Comparación del peso unitario PG. Vs Patrón promedio	44
Gráfico 5: Resistencia a la compresión patrón general	45
Gráfico 6: Resistencia a la compresión patrón (-).....	46
Gráfico 7: Resistencia a la compresión patrón (+).....	48
Gráfico 8: Resistencia a la compresión patrón promedio.....	49
Gráfico 9: Comparaciones de las muestras de Resist. a la compresión.....	50
Gráfico 10: Comparaciones de las muestras P.G. Vs P. Promedio	50
Gráfico 11: Resistencia a la tracción indirecta muestra patrón general	52
Gráfico 12: Resistencia a la tracción indirecta muestra patrón (-).....	54
Gráfico 13: Resistencia a la tracción indirecta muestra patrón (+).....	55
Gráfico 14: Resistencia a la tracción indirecta muestra patrón promedio.....	57
Gráfico 15: Comparaciones de las muestras de Resist. a la tracción indirecta	57
Gráfico 16: Comparaciones de las muestras P.G. Vs P. Promedio.	58
Gráfico 17: Comparación del peso unitario de todas las muestras.....	61
Gráfico 18: Comparaciones de las muestras de Resistencia a la compresión	62
Gráfico 19: Comparación del peso unitario PG. Vs Patrón promedio	63
Gráfico 20: Comparación de las muestras en el ensayo resistencia a la compresión....	65
Gráfico 21: Comportamiento de las muestras en el ensayo resistencia a la compresión	66

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

La infraestructura es una columna vertebral de la civilización actual. Es el entorno que creamos a nuestro contorno: las casas en las que vivimos, las carreteras por las que transitamos y las redes que nos abastecen agua y electricidad. Pero en algunos casos los beneficios de la infraestructura son muy altos. Cuando la infraestructura no se planifica, diseña, desarrolla o mantiene adecuadamente, pone en riesgo la vida silvestre, los hábitats y nuestras comunidades. A veces, los riesgos asociados con la nueva infraestructura claramente superan los beneficios. El año pasado, reiniciaron un proyecto que quedó en suspenso debido a la pandemia, donde los materiales y los métodos de construcción son fundamentales para la exposición a productos químicos nocivos, tanto naturales como artificiales. Por un lado, sustancias como el radón, que están naturalmente presentes en ciertos suelos geológicos y materiales de construcción, pueden dañar a largo plazo el desarrollo del feto y causar cáncer, por lo que es importante entender el suelo geológico de la ciudad y evitar el uso

de materiales de construcción. que puede liberar radón. Este problema también se puede resolver mediante la creación de reglamentos de la ciudad con estándares de ventilación de edificios.

El asbesto es un grupo químico ampliamente utilizado como aislamiento de edificios. Todos los tipos de asbesto son cancerígenos y se han relacionado específicamente con varios tipos de cáncer. Solo cinco países prohíben el uso de estos materiales (Argentina, Brasil, Chile, Honduras y Uruguay), lo que lleva a situaciones como nuestro país en donde el REGLAMENTO DE LA LEY N° 29662, LEY QUE PROHÍBE EL ASBESTO ANFIBOLES Y REGULA EL USO DEL ASBESTO CRISOLITO por los cuales están expuestos:

- Demolición de edificios con amianto o materiales que contengan amianto.
- Esfuerzos para retirar piezas, equipos, herramientas o instrumentos que contengan asbesto o materiales que contengan asbesto.
- Trabajos y actividades para retirar amianto o materiales que contengan amianto de equipos, unidades (por ejemplo, barcos, vehículos, trenes), equipos, estructuras o edificios.
- Debido a la presencia y proximidad de materiales de asbesto, los trabajos de mantenimiento y reparación crean un riesgo de liberación de fibras de asbesto.
- Transporte, procesamiento y eliminación de residuos que contienen amianto. Las formas tradicionales de utilizar materiales que contienen amianto son las siguientes:
 - Aislamiento térmico, eléctrico y acústico.
 - Material de fricción en frenos y embragues de vehículos y máquinas.

- Procesos de filtración y electrólisis que requieran resistencia química.
- En equipos industriales, se utilizan en una variedad de aplicaciones, principalmente en aislamiento térmico, juntas, aislantes eléctricos y refuerzos para aumentar la resistencia a la tracción.
- Tablero de fibrocemento.
- Plásticos que contengan amianto.
- Material de construcción de fibrocemento.

Además, el plomo es otra sustancia tóxica utilizada históricamente en tuberías, pinturas y esmaltes. Aunque se ha ido eliminando, los edificios hechos de este material siguen en pie, causando muertes y enfermedades. El plomo afecta especialmente al cerebro y al sistema nervioso, provocando retraso mental, coma, convulsiones e incluso la muerte en casos de intoxicación aguda. De manera similar, la exposición crónica al plomo en niveles bajos se ha asociado con anemia, hipertensión, insuficiencia renal, inmunotoxicidad y toxicidad reproductiva. Uno de los factores que dificulta a las ciudades la gestión y el control de los riesgos materiales es el alto grado de informalización del sector de la construcción en América Latina y el Caribe, que muchas veces supera el 40%.

En algunas edificaciones antiguos están contruidos por el material peligroso, ya que hoy en día están haciendo remodelaciones y conlleva una variedad de químicos ya que antes de la ley utilizaba el 100% del material.

1.2. Delimitación de la investigación.

La investigación tiene como finalidad reutilizar el bagazo de caña de azúcar como agregado y se plantea una solución con respecto de conseguir

aislamiento térmico como también el costo del cemento e incrementaría la resistencia del concreto estructural en la ciudad de Pasco.

Para este estudio, toda la investigación se llevará a cabo en la ciudad de Pasco, por lo que todas las pruebas se realizarán en las condiciones más críticas del edificio, tales como: fabricación de bloques, preparación de paredes, revestimiento de paredes y preparación de concreto.

1.3. Formulación del problema.

1.3.1. Problema general

¿Cómo será el diseño en la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022?

1.3.2. Problemas Específicos.

- ¿Cuál será el peso unitario con la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022?
- ¿Cuál será la resistencia a la compresión con la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022?
- ¿Cuál será la resistencia a la tracción indirecta con la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022?
- ¿Cuál será la resistencia a la flexión con la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022?

1.4. Formulación de objetivos.

1.4.1. Objetivo general

Determinar el diseño en la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022.

1.4.2. Objetivos específicos.

- Determinar el peso unitario con la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022
- Determinar la resistencia a la compresión con la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022
- Determinar la resistencia a la tracción indirecta con la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022
- Determinar la resistencia a la flexión con la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022

1.5. Justificación de la investigación.

La ceniza de bagazo (CBCA) se usa cada vez más en la industria de la construcción, así mismo, se espera que sea un subproducto industrial que pueda reemplazar parcialmente al cemento, ayudando poder disminuir el efecto invernadero (CO₂) producido por la producción industrial de cemento. beneficios económicos y beneficios ambientales.

La creciente demanda global de infraestructuras más resilientes y sostenibles plantea desafíos significativos y oportunidades para la innovación en la industria de la construcción. En este escenario, el desarrollo de concreto ligero estructural se presenta como una solución prometedora para enfrentar estos retos, ofreciendo ventajas en términos de reducción de peso, mejora en la eficiencia energética y disminución del impacto ambiental asociado a los materiales de construcción convencionales.

Sostenibilidad y Gestión de Residuos: La adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar en la fabricación de concreto aprovecha un subproducto de la industria azucarera, abundante en la Región Pasco, transformándolo en un recurso valioso. Este enfoque no solo contribuye a la gestión sostenible de residuos, reduciendo la cantidad de desechos enviados a vertederos, sino que también minimiza la explotación de recursos naturales vírgenes, alineándose con principios de economía circular.

Innovación en Materiales de Construcción: La incorporación de esferas de poliestireno como agregado ligero en el concreto abre nuevas avenidas para la mejora de las propiedades térmicas y mecánicas del material. Esta innovación puede resultar en la reducción del peso estructural, ofreciendo ventajas significativas en términos de costos de transporte y mano de obra, así como en la reducción de la carga sobre las fundaciones y estructuras existentes.

Respuesta a la Demanda de Construcción Eficiente: Frente a la urgencia de edificar infraestructuras más eficientes y duraderas, especialmente en áreas propensas a desastres naturales, el concreto ligero estructural propuesto en este estudio promete mejoras en resistencia, aislamiento y durabilidad. Estas características son cruciales para el desarrollo de viviendas, edificios

comerciales y obras públicas que puedan resistir mejor las condiciones adversas y reducir el consumo energético.

Contribución al Desarrollo Local: Al centrar el estudio en la Región Pasco, esta investigación no solo tiene el potencial de influir positivamente en la economía local a través de la valorización de subproductos agrícolas, sino también de fomentar la adopción de tecnologías de construcción avanzadas en el Perú. Este enfoque puede estimular la innovación local, promover la creación de empleo y mejorar las competencias técnicas en la región.

1.6. Limitaciones de la investigación.

- El estudio no consideró el uso de ningún tipo de aditivo para evitar la participación de otras variables de estudio, ya que el estudio se enfocó específicamente en el comportamiento de las cenizas volantes en el concreto.
- Las mezclas de concreto con o sin cenizas volantes deben cumplir con los mismos parámetros de diseño de mezcla (ACI 211), con una resistencia de 210 kg/cm².
- Se recurrió a laboratorios para la prueba de resistencia de compresión de cilindros.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

- En muchos casos y en diferentes proyectos, se puede encontrar que el recorrido desde la planta de concreto hasta el proyecto es demasiado largo, u otras variables requieren un tiempo importante para transportar la mezcla, comprometiendo así su integridad y provocando que el tiempo de fraguado se retrase. ser casi alcanzado durante el transporte, por lo que es difícil de manejar cuando se usa y en algunos casos incluso se pierde. Diversos estudios han encontrado que existen algunos aditivos naturales que son relativamente fáciles de obtener y usar, son baratos, no aumentan los costos técnicos y, según la proporción utilizada, actúan como retardadores o aceleradores, como la caña de azúcar.
- Córdova & Gastón, s. f. En España (1957) mencionan que la adición de cierta cantidad de sacarosa a las mezclas de concreto no afecta su resistencia, sino que aumenta a los 28 días con respecto al concreto sin adición, y concluyó que la adición de cierta cantidad de azúcar sacarosa

añadida es de 0.06 % y 0,25% del peso de cemento actuando como retardador, cuando la concentración es superior al 0,09%, el retardo de endurecimiento es de 3 días y la resistencia de 7 días, que es inferior a la de la muestra patrón, aunque a los 28 días es mayor que dicha muestra. Todos los ensayos de resistencia del hormigón se realizaron con globos y se determinaron utilizando una concentración de azúcar de 0,06 %, comparando los resultados de los globos de 7 y 28 días. Profe. López Ruiz llegó a conclusiones similares a las realizadas en la Universidad de Liverpool en 1965, “Some investigation in to the use of sugar as an admixture to concrete” Aumenta la eficiencia en un trabajo que ha estado funcionando durante mucho tiempo. (López Ruiz, 1965). Sotolongo en su artículo escrito en Cuba (1993) nos dice que el profesor Acevedo de la Universidad de La Habana observó como una pequeña cantidad de sacarosa mejoraba la trabajabilidad del mortero de cemento y que el retardo del fraguado era proporcional a la cantidad añadida, concluyendo que la sacarosa era menor que el contenido de cemento de 0,3% en peso, las propiedades mecánicas de los morteros no se verán afectadas. Este descubrimiento llevó a Sotolongo a realizar un estudio con mortero en cada cubo de 20x20x20 mm que se desactivaba a los 3, 7, 28 y 90 días en función de la cantidad de sacarosa añadida. Tales resultados empleados:

- Frías et al., (2007). También se analizó el comportamiento puzolánico de CBCA de dos procesos de fabricación diferentes y se determinó que el cemento mezclado con 20% de cenizas volantes igualó las propiedades químicas, físicas y mecánicas y mantuvo sus propiedades mecánicas en comparación con CBCA después de 60 días de curado. Se encontraron resultados

similares (Dhengare et al., 2015), en su revisión bibliográfica, CBCA es un excelente sustituto del material cementoso en hormigones y morteros sostenibles con hasta un 20% de resistencia a la compresión y un 10% de resistencia a la tracción. El aumento de la resistencia a la compresión del mortero cuando el CBCA sustituye parcialmente al cemento se debe al efecto filler y a la reacción puzolánica entre el SiO₂ activo CBCA y el Ca(OH)₂ resultante de la hidratación del cemento.

- Por su parte, (Vinicius et al. 2013), Se evaluó una mezcla de escoria de alto horno (EAH) y ceniza alcalina (SCBA) para la producción de pastas y morteros activados con álcali. Descubrieron que el CBCA contiene una alta proporción de materia orgánica (alrededor del 25%), y estudiaron una mezcla de EAH y CBCA, en la que se reemplazó una parte de EAH por CBCA, del 0 al 40 % en peso, y lograron un envejecimiento de 60 MPa. después de 270 días a 20 °C Luego curar. Llegaron a la conclusión de que los adhesivos activados con álcali se pueden preparar con CBCA. Giraldo et al. (2012) utilizaron ceniza de bagazo (CBC) como aditivo del cemento portland en la producción de componentes de construcción y lo utilizaron como reemplazo parcial del cemento. Debido al alto contenido de ceniza sin calcinar, luego del tratamiento térmico de las muestras, se encontró que el residuo podría ser agregado al cemento, ya que tiene 97% de actividad puzolánica, lo cual excede el requisito mínimo (75%). Cumple con el estándar de cenizas ASTM C618 Tipo F, cumple con los requisitos químicos para el contenido de sílice, alúmina y óxido de hierro. A pesar del alto contenido de carbono, los mejores resultados se obtuvieron con un cizallamiento compresivo del 10 %.
- Cabrerías Y Díaz; (2010) Se evaluó el comportamiento de mezclas de concreto para resistencias de diseño de 180 y 250 kg/cm² con 40%, 45% y 50% de cenizas volantes de bagazo como reemplazo parcial del cemento.

Los resultados mostraron que la resistencia a la compresión disminuyó significativamente a los 7, 14, 21 y 28 días; Se obtuvieron resistencias de 52 y 66 kg/cm² para la mezcla de diseño de 180 kg/cm² y de 103 y 103 kg/cm² para la de 250 kg/cm². cm² mezcla 130 kgf/cm² resistencia. En consecuencia, este hormigón sólo puede ser utilizado para obras de decoración o cimentación de pavimentos debido a su baja resistencia y bajo módulo de elasticidad.

- En contrapartida al caso anterior, Amigo y Palomino, (2015) Se evaluó el desempeño de mezclas de concreto de alta resistencia con resistencias de diseño de 280 y 350 kg/cm² utilizando cenizas volantes de bagazo al 5%, 10% y 15% como reemplazo parcial del cemento. Las muestras mostraron una disminución en la sedimentación en función del aumento de la proporción de cenizas volantes, lo que se atribuyó a la absorción por parte del material. Los resultados muestran que el uso de cenizas volantes como reemplazo parcial del cemento en mezclas de alta resistencia en proporciones de hasta un 15%, da una resistencia aceptable para el estudio cuando la sustitución es de hasta un 10%.

2.2. Bases teóricas – científicas.

2.2.1. Concreto Estructural

El cemento estructural es un tipo de cemento de alta resistencia inicial y última, que por sus propiedades es especialmente adecuado para el hormigón estructural. Su tiempo de armado mejora el rendimiento en el trabajo ya que permite menos tiempo de limpieza, lo cual es ideal para preparar prefabricados. Recomendado para la preparación de concreto para la construcción de vigas, pisos, columnas, losas, muros y cimentaciones en edificación y obras de

infraestructura, brinda mayor desempeño y óptima resistencia para hacer más eficientes las mezclas de concreto.

Para elaborar un concreto de calidad, se deberá tener en cuenta lo siguiente:

- El agua utilizada para mezclar el concreto debe estar limpia. El agua potable es generalmente buena para la elaboración de concreto.
- Recuerde que la arena y la piedra no deben medirse con pala, ya que siempre se llenarán en diferentes cantidades, esto debe hacerse en un recipiente donde podamos controlar la cantidad exacta, como un balde, carretilla o carretilla.
- La mezcla no debe mezclarse con arcilla, por lo que debe prepararse sobre una superficie limpia. Los agregados (arena y roca) también deben estar limpios y libres de suciedad, madera, raíces u otros materiales, o restos de plantas o animales. En caso de contaminación, se lavan con abundante agua y se secan al sol.
- Recuerde conocer la resistencia por centímetro cuadrado de concreto ($f'c$) antes de mezclar.
- Cuando haga mezclas de concreto, siga el diseño de mezcla especificado porque usar demasiada agua reducirá la resistencia y si se usa demasiado cemento, la resistencia seguirá siendo la misma, lo que aumentará el costo. Por lo tanto, la cantidad correcta en la mezcla de concreto es la clave de su calidad y desempeño.
- Es importante saber qué cemento es el adecuado para la mezcla de concreto, ya que esto afectará la resistencia y resistencia deseada.
- El vertido de hormigón requiere vibración para eliminar el aire atrapado y

reducir la porosidad y el agrietamiento. Además, es importante mantenerlo para asegurar la resistencia y evitar grietas por retracción plástica o pérdida de agua por condiciones climáticas y del suelo.

Las características básicas que definen la calidad del concreto son:

- Alta resistencia a las fuerzas de compresión.
- Poca capacidad para soportar fuerzas de tracción.
- Alta resistencia a altas temperaturas, p. del fuego
- Estanca, lo que significa que es difícil que el agua u otros líquidos pasen por el interior.
- Su consistencia, el grado de fluidez de la mezcla hace que pueda moverse fácilmente dentro de los moldes y en la "esquina" final.

2.2.1.1. Materiales Componentes del Concreto

- **Ligantes**
 - ✓ Cemento
 - ✓ Agua
- **Agregados**
 - ✓ Agregado fino: arena.
 - ✓ Agregado grueso: Grava, grava, sello de aceite, escoria.

Las operaciones en la producción de concreto varían según el tipo de trabajo requerido y el tipo de concreto producido.

- **Las principales etapas de la producción de hormigón de calidad son:**

- ✓ Dosificación
- ✓ Mezclado
- ✓ Transporte
- ✓ Colocación
- ✓ Consolidación
- ✓ Curado.

El concreto es el producto de la mezcla del cemento, agua y materia prima como grava y arena, que debe ser de primera calidad, sin impurezas, mezcladas en proporciones de acuerdo a lo requerido, afín que sea trabajable, consistente, resistente, durable y económico, comprobándose mediante ensayos a los materiales en general, para demostrar la calidad y resistencia descrita en los planos, todo esto debe realizarse conforme a las normas vigentes, que se indica a continuación:

- **CEMENTO**

El cemento utilizado en el proyecto debe coincidir con el cemento utilizado como base para elegir la cantidad de hormigón.

Los materiales cementantes previstos debe aplicarse según la Tabla N°1

Tabla 1: Ensayos químicos requeridos en muestras de cemento según las especificaciones de la norma ASTM

Ensayos Químicos	ASTM C 150	ASTM C 595	ASTM C 845	ASTM C 1157
ASTM C 114				
Dióxido de silicio (SiO ₂), %.	√	-	-	-
Óxido de calcio (CaO), %	√	-	-	-
Trióxido de hierro (Fe ₂ O ₃), %	√	-	-	-
Trióxido de aluminio (Al ₂ O ₃), %	√	-	-	-
Trióxido de azufre (SO ₃), %	√	√	-	-
Óxido de magnesio (MgO), %	√	√	√	-
Residuo Insoluble, %	√	√	√	-
Pérdida por Ignición, %	√	√	√	-
Grupo R ₂ O ₃ , %	-	-	-	-
Óxido de sodio (Na ₂ O), %	√	-	-	-
Óxido de potasio (K ₂ O), %	√	-	-	-
Álcalis (Na ₂ O + 0.658 K ₂ O), %	√	-	√	-
Cal libre (%)	x	-	-	-
Cloruros (Cl ⁻), %	-	-	-	-
Fósforo (P ₂ O ₅), %	√	-	-	-
Dióxido de carbono (CO ₂), %	√	-	-	-
Silicato tricálcico (C ₃ S), %	√	-	-	-
Silicato bicálcico (C ₂ S), %	√	-	-	-
Aluminato tricálcico (C ₃ A), %	√	-	-	-
Aluminato ferrita tetracálcica (C ₄ AF), %	√	-	-	-

FUENTE: Norma ASTM

Ensayos físicos obligatorios y opcionales de las normas ASTM para muestras de cemento Tabla N° 2

Tabla 2: Ensayos físicos obligatorios y opcionales de las normas ASTM para muestras de cemento

ENSAYOS FÍSICOS	ASTM C 150	ASTM C 595	ASTM C 845	ASTM C 1157
Resistencia a la compresión MPa (psi). ASTM C 109. Foto No.2	√	√	√	√
Fluidez, %. ASTM C109	√	√	-	√
Consistencia normal (mm). ASTM C 187	-	-	-	-
Fraguado Vicat inicial (minutos). ASTM C 191	√	√	√	-
Fraguado Vicat final (minutos). ASTM C 191	√	√	√	-
Fraguado Gillmore inicial (minutos). ASTM C 266	√	-	-	-
Fraguado Gillmore final (minutos). ASTM C 266	√	-	-	-
Fraguado falso (%). ASTM C 451	√	-	-	√
Finura de malla No. 325 (%). ASTM C 430	-	√	-	-
Finura, superficie específica (Permeabilidad al aire) m ² /kg (cm ² /g). ASTM C 204.	√	√	-	√
Expansión Autoclave (%). ASTM C 151	-	√	-	√
Contenido de aire de mortero (%). ASTM C 185	√	√	-	√
Densidad (g/cm ³). ASTM C 188	-	-	-	-
Cambio de longitud de mortero de cemento hidráulico expuesto a la solución de sulfato (%). ASTM C 1012	-	-	-	√
Expansión de barras de mortero de cemento Portland almacenadas en agua (%). ASTM C 1038. Foto No.3	-	-	-	√
Expansión potencial de mortero de cemento-Portland expuesto a SO ₄ ²⁻ (%). ASTM C 452	-	-	-	√
Calor de hidratación. ASTM C 186	√	√	-	√
Expansión 14 días y 56 días. ASTM C 227	-	√	-	√
Contracción por secado. ASTM C 157	-	√	-	-

FUENTE: Norma ASTM

- AGUA DE MEZCLADO Y DE CURADO

Es un elemento esencial en la composición del hormigón y se relaciona con la resistencia, la trabajabilidad y el rendimiento del hormigón endurecido. Además, se debe emplear en la preparación del concreto debería ser limpia y libres de otras sustancias como: aceites, ácidos, álcalis, sales y materia orgánica.

Tabla 3: Composición del hormigón

SUSTANCIAS DISUELTAS	VALOR MAXI MO ADMISIBLE
Cloruro	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles	1500 ppm
P.H	Mayor a 7
Solidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

FUENTE: Norma ASTM

- AGREGADOS

Lo más importante de los agregados radica en que constituye alrededor del 75% en volumen de una mezcla típica. La importancia de los materiales minerales debe ser una buena resistencia, durabilidad y resistencia a las impurezas como la tierra, el limo y la materia orgánica que pueden debilitar la pasta de cemento. Se debe cumplir con el ASTM C33 “Especificación estandarizada para los agregados del concreto” y ASTM C330 “Especificación

estandarizada para los agregados livianos del concreto estructural”.

Los requerimientos se dan en la Tabla N ° 4

Tabla 4: Limites de granulometría según el ASTM

MALLA		% QUE PASA EL ACUMULATIVO
3/8"	9.5mm	100
Nº 4	4.75mm	95 a 100
Nº 8	2.36mm	80 a 100
Nº 16	1.18mm	50 a 85
Nº 30	600 µm	25 a 60
Nº 50	300 µm	10 a 30
Nº 100	150 µm	2 a 10

FUENTE: Norma ASTM

Tabla 5: Requerimiento de granulometría de los agregados gruesos

Tamaño Nominal	% Pasa por los tamices normalizados												
	100mm (4")	90mm (3½")	75mm (3")	63mm (2½")	50mm (2")	37.5mm (1½")	25mm (1")	19mm (¾")	12.5mm (½")	9.5mm (3/8")	4.75mm (Nº4)	2.36mm (Nº8)	1.18mm (Nº16)
90 mm a 37.5 mm (3½" a 1½")	100	90 a 100	--	25 a 60	--	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--	--
63 mm a 37.5 mm (2½" a 1½")	--	--	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--	--
50 mm a 25 mm (2" a 1")	--	--	--	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--
50 mm a 4.75 mm (2" a Nº4)	--	--	--	100	95 a 100	--	35 a 70	--	10 a 30	--	0 a 5	--	--
37.5 mm a 19 mm (1½" a ¾")	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--
37.5mm a 4.75mm (1½" a Nº4)	--	--	--	--	100	95 a 100	--	35 a 70	--	10 a 30	0 a 5	--	--
25 mm a 12.5 mm (1" a ½")	--	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	--	--	--
25 mm a 9.5 mm (1" a 3/8")	--	--	--	--	--	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	--	--
25 mm a 4.75 mm (1" a Nº4)	--	--	--	--	--	100	95 a 100	--	25 a 65	--	0 a 10	0 a 5	--
19 mm a 9.5 mm (¾" a 3/8")	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	--	--
19 mm a 4.75 mm (¾" a Nº4)	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	--	20 a 55	0 a 10	0 a 5	--
12.5mm a 4.75mm (½" a Nº4)	--	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	--
9.5mm a 2.38mm (3/8" a Nº8)	--	--	--	--	--	--	--	--	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

FUENTE: Norma ASTM

- **ADITIVOS**

Sustancia que se agrega a los ingredientes básicos del concreto para cambiar algunas de sus propiedades y mejorarlo para su propósito previsto.

Los aditivos utilizados en el hormigón deben cumplir con las especificaciones de la norma ITINTEC 339.086.

2.2.1.2. Proporcionamiento de la Mezcla de Concreto

El diseño de la mezcla de concreto, a menudo denominado diseño de la mezcla, es un proceso que consta de pasos interdependientes:

- Selección de los ingredientes convenientes (cemento, agregados, agua y aditivos).
- Determinar su "proporción" relativa para producir hormigón con trabajabilidad, resistencia a la compresión y durabilidad adecuadas de la manera más económica posible.

Además, se supone que, si se logran estas dos propiedades, las demás propiedades del hormigón también serán satisfactorias (excepto la resistencia a la congelación y descongelación u otros problemas de comportamiento, como la resistencia química). Antes de pasar a una discusión de las metodologías de diseño de uso común en la actualidad, es útil revisar las consideraciones básicas de diseño con más detalle.

- **Diseño De Mezcla Con Base A Pruebas De Laboratorio:**

La dosificación adecuada de las mezclas de concreto se realizará de acuerdo con las pruebas de compresión ASTM C31 y ASTM C39, AASHTO T22 y NTP 339.034. Mediante el método ACI, determina el incremento medio de resistencia para 3 puntos de mezcla que tienen una resistencia superior a la de diseño.

2.2.2. Residuos Sólidos de la Construcción y Demolición

En general, el bagazo tiene propiedades propicias para su uso como materiales de construcción puzolánicos, por lo que el CBCA ha sido calcinado a temperaturas entre 800 y 1000 °C debido a sus altas propiedades promotoras de la actividad puzolánica.

2.2.2.1. Clasificación de CBCA

El hormigón es uno de los materiales más utilizados en la industria de la construcción. Su producción requiere materiales naturales no renovables obtenidos de aguas subterráneas y superficiales de los ríos, así como cemento y agua. La incorporación de CBCA al concreto puede proporcionar un comportamiento dúctil para elementos de construcción diseñados para flexión, compresión y extracción.

2.2.2.2. Estimación del Volumen de CBCA

El bagazo tratado con silicato de sodio se evaluó como material de refuerzo para matrices de cemento, proporcionando un material compuesto con propiedades mecánicas aceptables para su uso en sistemas de construcción de bajo costo.

2.2.2.3. Valorización de CBCA para una Construcción

Actualmente el término puzolana incluye a "todos los materiales inorgánicos, tanto naturales como artificiales, capaces de combinarse directamente con la cal o con la procedente de la hidratación de los cementos, a temperatura ambiente y en presencia de agua, para formar compuestos similares a los originados en la hidratación de los componentes principales del cemento Pórtland". Es bien sabido que, dependiendo del proceso de incineración, el contenido de sílice de la

ceniza de incineración de residuos agrícolas puede tener propiedades puzolánicas, las cuales están presentes en materiales como la ceniza de cascarilla de arroz, la ceniza de hoja de bambú y el bagazo. La mayor parte de la ceniza de caña de azúcar se deposita en vertederos y solo una pequeña fracción se utiliza como fertilizante para el cultivo de caña de azúcar.

2.2.2.4. Aprovechamiento de Material CBCA la Construcción.

La agricultura es uno de los sectores más importantes de la economía de la región, y cuanto mejor sea el manejo y aprovechamiento de los residuos que genera, más fuerte será esta actividad. En primer lugar, durante el desarrollo de este trabajo, decidimos recopilar y revisar información de diversos estudios relacionados con el uso de la ceniza de bagazo y la influencia de sus propiedades físicas, químicas y morfológicas en las propiedades frescas o fúngicas. El estado endurecido de los morteros y hormigones se puede utilizar:

- Mampostería estructural
- Bloque estructural.
- Obras que requieran en áreas de humedad.
- Materia prima para procesos constructivos.
- Entre otros, previstos en el Anexo III del Reglamento.

Siempre que se cumpla con la normativa vigente establecidos por la autoridad competente, las especificaciones o condiciones técnicas del proyecto.

2.2.2.5. Buenas prácticas para el reciclaje del RCD

El proyecto inició con una revisión teórica de los métodos de obtención de puzolana a partir de la caña de azúcar, donde se estableció que existe un estándar para caracterizar su composición química y que es aceptable para su adición al cemento portland. En cuanto a su preparación y adquisición, el método es altamente experimental y se cita en el estado de la técnica. Luego se lleva a cabo un trabajo en el sitio para determinar la cantidad de ceniza que se utilizará. En el marco teórico se mencionan conceptos para el diseño y fabricación de materiales cerámicos, así como estándares para probar dichos materiales.

2.2.3. Microsílice

De acuerdo a la (NTP 334.087, 2018) indica que el Microsílice es el resultado de la reducción de cuarzo con carbón de horno eléctrico para la producción de silicio y aleaciones de ferrosilicio, que contiene un elevado contenido de sílice amorfa.

- **Características**

El humo de sílice es un subproducto de la descarburación de cuarzo de alta pureza en hornos de arco eléctrico para producir adsorbentes de silicio y hierro de silicio. Las puzolanas deben cumplir con los siguientes requisitos físicos y químicos establecidos en la NTP 334.127 y NPT 334.104.

Tabla 6: Requisitos físicos y químicos establecidos en la NTP 334.127 y NPT 334.104.

Requisitos	Clase		
	N	F	C
Fineza: Cantidad retenida en el tamizado vía húmeda en la malla de 45 μm (N°325) %máx.	34	34	34
Índice de actividad resistente			
• Con cemento portland a 7 días %min del control	75°	75°	75°
• Con cemento portland a 28 días, %min. Del control	75°	75°	75°
Demanda de agua máx. Porcentaje del control	115	105	105
Estabilidad. Expansión o contracción en autoclave, &máx.	0.8	0.8	0.8
Requisitos de uniformidad. La densidad y finura de las muestras individuales no deberá diferir del valor medio determinado en 10 ensayos o en todos los ensayos anteriores, o más si el número es inferior a diez:			
• Densidad máxima variación del promedio%	5	5	5
• Porcentaje retenido a 45 μm (N°325) variación máx. Puntos de porcentaje de promedio.	5	5	5

FUENTE: Norma ASTM

- Beneficios Del Microsilice
 - ✓ Hormigón de alta resistencia (superior a 55 MPa)
 - ✓ Hormigón de alta resistencia.
 - ✓ Hormigón de altas prestaciones.
 - ✓ Producción de prefabricados.
 - ✓ Reducir y controlar la reacción de los áridos alcalinos.

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Resistencia a Compresión

Resistencia máxima medida de un espécimen de concreto a cargas de compresión axial, expresada como fuerza por unidad de área de sección transversal.

2.3.2. Concreto Mezcla de material aglomerante (conglomerante) y agregados finos y gruesos

El hormigón convencional suele utilizar cemento portland y agua como aglomerante, como también puede contener puzolanas y/o aditivos químicos. (NTP 339.047).

2.3.3. Pozolanas

Son sustancias industriales y naturales de silicio o silicio-aluminio, o una mezcla de ambos, que al mezclarse con agua solidifican a una temperatura con hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$ disuelto en suspensión de cemento para formar dióxido de silicio. Compuestos de fosfato de calcio, y el aluminato de calcio puede causar resistencia a los medicamentos. Estos componentes son similares a los que se forman cuando se endurecen los materiales hidráulicos. La puzolana consistirá principalmente en SiO_2 reactivo, no menos del 25% en peso. No endurecen ni siquiera con agua (NTP 339.047).

2.3.4. Cemento Portland

Cemento hidráulico elaborado mediante la molienda de clínker Portland y que consiste principalmente en silicato de calcio hidráulico, que generalmente contiene una o más formas de sulfato de calcio como aditivo en el proceso de molienda (NTP 339.047).

2.3.5. Relación agua/cemento (A/C)

Relación entre la calidad del agua y la calidad del cemento en el hormigón (NTP 339.047, 2006).

2.3.6. Agregado

Es el conjunto de partículas de piedra de origen artificial y original que pueden ser trabajadas o procesadas y cuyas características se encuentran dentro de los límites especificados en la NTP 400.037 (NTP 339.047).

2.3.7. Caña de azúcar

Caña de azúcar, una hierba tropical estrechamente relacionada con el sorgo y el maíz, cuyos tallos producen y almacenan savia rica en sacarosa, un compuesto que forma azúcar cuando se extrae y cristaliza. La sacarosa se sintetiza a partir de la caña de azúcar gracias a la energía obtenida del sol durante la fotosíntesis.

2.3.8. Gramínea dicha de una planta

Tiene un tallo cilíndrico, generalmente hueco, interrumpido a intervalos por nudos llenos, de los cuales crecen hojas alternas que rodean el tallo, flores muy simples dispuestas en espigas o panículas, granos secos cubiertos de escamas florales.

2.3.9. Incineración

Procesos en los que los materiales líquidos y sólidos, sean o no residuos, se encuentran en estado mesófilo (850 - 1200 °C) debido a la reacción de oxidación exotérmica del propio residuo, si es necesario, el suministro de combustible en presencia del exceso de oxígeno es suficiente para Casi toda (>99,99%) la parte orgánica pasa a estado gaseoso, donde los compuestos

oxidables se combinan con el oxígeno, y la parte inorgánica se reduce a escoria (vidrio, piedra metálica) y cenizas de huesos.

2.3.10. Ceniza

Producto de la combustión de alguna sustancia que consta de sustancias inorgánicas no combustibles, como las sales minerales. Una parte se deposita como residuo de polvo en el sitio de combustión del combustible (madera, basura, etc.) y el resto puede liberarse al aire en forma de humo.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Se tendrá el diseño óptimo en la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022.

2.4.2. Hipótesis Específicos

- El peso unitario será el adecuado con la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022
- La resistencia a la compresión mejorara con la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022
- La resistencia a la tracción indirecta mejorara con la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022
- La resistencia a la flexión mejorara con la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022

2.5. Identificación de las variables

2.5.1. Variables independientes

- ceniza de bagazo de caña de azúcar
- Esferas de poliestireno

2.5.2. Variables dependientes

- Fabricación de concreto ligero estructural

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 7: Operacionalización de Variable Independiente

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
ceniza de bagazo de caña de azúcar y Esferas de poliestireno	La ceniza de bagazo de caña de azúcar es un subproducto de la industria azucarera, resultante de la quema del bagazo, que se destaca por su contenido en sílice y se considera un aditivo potencial para mejorar las propiedades del concreto gracias a sus cualidades puzolánicas. Las esferas de poliestireno, por otro lado, son pequeñas partículas de poliestireno expandido que, al ser incorporadas al concreto, reducen su densidad, facilitan la manipulación y la aplicación, y mejoran el aislamiento térmico sin comprometer significativamente su resistencia estructural.	Determinar las resistencias máximas alcanzadas y el peso unitario del concreto.	Dosificación	Ceniza de bagazo de caña de azúcar: 3 kg/m ³ , 6 kg/m ³ , 9kg/m ³ Esferas de poliestireno: 40%, 50% y 60%	Razón

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 8: Operacionalización de Variable dependiente

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Fabricación de concreto ligero estructural	La fabricación de concreto ligero estructural implica el desarrollo de un material de construcción que combina la resistencia y durabilidad del concreto tradicional con una densidad significativamente reducida.	Se medirá mediante los ensayos realizados en laboratorio.	D1: Propiedades, mecánicas y físicas del concreto ligero estructural con la adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar.	I1: Propiedades físicas: peso unitario del concreto. I2: Propiedades físicas: consistencia del concreto. I3: Propiedades físicas: temperatura del concreto I4: Propiedades mecánicas: resistencia a la compresión. I5: Propiedades físicas: peso unitario del concreto I6: Propiedades físicas: consistencia de la mezcla.	Razón

FUENTE: Elaboración propia

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación

La investigación aplicada se centra en resolver problemas específicos o desarrollar nuevas tecnologías, procesos o productos con aplicaciones prácticas. A diferencia de la investigación básica, que explora conceptos teóricos sin un objetivo práctico inmediato, la investigación aplicada busca resultados que tengan un impacto directo en el mundo real.

La fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno, se clasificada como aplicada. Porque busca desarrollar un material de construcción innovador que no solo sea más ligero y eficiente desde el punto de vista energético, sino también más sostenible al reutilizar subproductos industriales. El objetivo práctico es claro: mejorar las propiedades del concreto ligero estructural para su uso en la construcción, ofreciendo soluciones reales a los problemas actuales de la industria de la construcción relacionados con la sostenibilidad, la eficiencia de recursos y el rendimiento del material.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación explicativa se centra en entender las causas y efectos de determinados fenómenos, buscando explicar por qué ocurren y cómo se relacionan entre sí las variables de estudio. A diferencia de los niveles descriptivos o exploratorios, que se limitan a observar y describir características o tendencias, la investigación explicativa profundiza en la comprensión de las dinámicas subyacentes y los principios causales que gobiernan los fenómenos observados.

3.3. Métodos de investigación

La investigación tiene un estudio científico por seguir un desarrollo ordenado, así mismo, se considera la siguiente metodología: El procedimiento se inició con el estudio de las propiedades de los materiales de concreto para la verificación si son aptos para un diseño de mezcla.

Determinación de propiedades de concreto fresco, son:

- Asentamiento mediante Cono de Abrams.
- Peso Unitario.

Determinación de propiedades de concreto endurecido:

- Resistencia a la compresión.

3.4. Diseño de investigación

El diseño de investigación experimental es una estrategia metodológica que nos permite manipular intencionalmente una o más variables independientes para observar su efecto en una o más variables dependientes, dentro de un contexto controlado. Esta aproximación es clave para establecer relaciones causales entre variables, diferenciándose de otros diseños por su capacidad de

controlar y ajustar las condiciones del estudio para limitar la influencia de variables externas.

De acuerdo al análisis que se va desarrollar se plantea la dosificación de la siguiente manera; Ceniza de bagazo de caña de azúcar en: 3 kg/m³, 6 kg/m³, 9kg/m³ y las esferas de poliestireno en: 40%, 50% y 60%, de las cuales se saca 3 especímenes para los 7 días de curado, de igual forma se saca 3 especímenes para los 14 días de curado, finalmente los 3 son sacados a los 28 días.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población es las 36 probetas que serán ensayadas en laboratorio de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, para poder determinar sus propiedades mecánicas y físicas del concreto.

3.5.2. Muestra

La muestra es la mezcla de concreto en diferentes dosificaciones que serán moldeadas en las probetas para su posterior ensayo.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas de recolección de datos

La técnica para realizar se utiliza los ensayos estandarizados con referencia de NTP Y ASTM donde se encuentra los procesos a seguir y ejecutar los ensayos respectivos.

3.6.2. Instrumentos de recolección de datos

- Análisis de grano de agregados finos y gruesos (NTP 400.012:2001/ASTM C 136-96a Agregados). Análisis de grano de áridos finos, gruesos y gruesos).
- Humedad (NTP 339,185:2002/ASTM C 566:1997. MÁS. Método

de prueba estándar para la determinación de la humedad evaporativa total en materiales minerales secos.

- Densidad Volumétrica (NTP 400.017: 1999 / ASTM C 29/C 29M: 1991. UNIT. Método de prueba para determinar la densidad de los selladores).
- Densidad del agregado grueso (NTP 400.021:2002. / ASTM C 127. DÓDANO. Método estándar para la determinación de la densidad y absorbancia de agregados gruesos.
- Densidad del agregado fino (NTP 400.022 2002 / ASTM C 128. MÁS. Método estándar para la determinación de la gravedad específica y la absorbancia de agregados finos.
- Abrasivo (NTP 400.019:2002. /ASTM C131. MÁS. Método de prueba estándar para la resistencia a la abrasión y al impacto de agregados finos en máquinas de Los Ángeles).
- Especificación para agregados en concreto (N.T.P. 400.037:2002. / ASTM C 33:1999. MÁS. Especificación estándar para agregados en concreto (Concrete).

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Este ítem se realizará la evaluación sobre la información de los ensayos de mezcla dicha esto se utilizará software como Excel.

- Propiedades físicas y químicas del CBCA: NTP e 0.60 evaluará y respaldará esto considerando pruebas adecuadas para determinar sus propiedades físicas y químicas de acuerdo a su forma.
- Los diseños mixtos respaldados por NTP darán cuenta de las dosis mixtas utilizando sus respectivos formatos.

- Los ensayos de laboratorio miden la resistencia a la compresión utilizando los criterios establecidos en la Norma Técnica Peruana 339.167.

3.8. Tratamiento estadístico

Frecuencias y porcentajes, que presentara masa de datos por medio de tablas, gráficos o medidas de resumes y estimaciones y el programa estadístico de SPSS.

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica

Este proyecto está dado para brindar conocimiento de cuán importante es el CBCA, así mismo para reducir la contaminación ambiental ya que genera el cuidado de la biodiversidad. Estos análisis de evaluar utilizando la ISO 0690-2 y OS -090.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

La descripción de trabajo de campo para la "Fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022" involucra varias etapas clave como:

La recolección de materiales: Inicialmente, se procede a conseguir la ceniza de bagazo de caña de azúcar como subproducto de la industria azucarera local y esferas de poliestireno, que se utilizan como agregado ligero.

Preparación del Concreto: Se procedió realizar un diseño con el método del ACI 211 para después mezclar los componentes (cemento, agua y agregado) con las esferas de poliestireno y la ceniza de bagazo de caña de azúcar en proporciones experimentales para crear mezclas de prueba. Estas proporciones son fundamentales y se ajustan según los resultados deseados en términos de resistencia y peso.

Pruebas de Laboratorio: Las mezclas resultantes son sometidas a pruebas de laboratorio para evaluar su comportamiento físico y mecánico de este concreto fabricado con la incorporación de las dos variables.

Análisis de Datos: Todos los datos recogidos, tanto en laboratorio como en campo, son analizados para determinar la viabilidad del concreto ligero fabricado con estos materiales reciclados y su posible impacto ambiental y económico, estos análisis se realizaron mediante el procesamiento en una hoja Excel y la prueba estadística con el programa estadístico del SPSS.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Granulometría del agregado fino

Se obtiene de la desintegración natural o artificial de rocas. Debe pasar y retenerse en los tamices 9.5 mm (3/8") y No. 200 respectivamente, además de cumplir los límites de la norma. Su módulo de fineza estará entre el de 2.3 a 3.1

Tabla 9: Análisis de Granulometría del agregado Fino

Tamiz Estándar	Abert . (mm)	Peso Reten. (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acum.	% Que Pasa	Límites (NTP 400.037)		
						Mínimo	Máximo	
3/8"	9.500	-	-	-	100.00	100.00	100.00	
N° 4	4.750	55.00	10.85	10.85	89.15	95.00	100.00	
N° 8	2.360	49.00	9.67	20.51	79.49	80.00	100.00	
N° 16	1.180	61.50	12.13	32.64	67.36	50.00	85.00	
N° 30	0.600	123.40	24.34	56.99	43.01	25.00	60.00	
N° 50	0.300	122.50	24.16	81.15	18.85	5.00	30.00	
N° 100	0.150	59.77	11.79	92.94	7.06	-	10.00	
N° 200	0.075	25.60	5.05	97.99	2.01	-	5.00	
FONDO	-	10.20	2.01	100.00	-	-	-	
		506.970	100.000					
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL:							3/8"	
MODULO DE FINURA:							2.95	

Fuente: elaboración propia

4.2.2. Granulometría del agregado Grueso

Se obtiene de piedra partida, grava natural o triturada. Debe retenerse en el tamiz 4.75 mm o N° 4, y cumplir los límites de la Norma. Sus fragmentos son angulares o semiangulares; con granulometría continua para asegurar buena trabajabilidad.

Tabla 10: Análisis de Granulometría del agregado Grueso

Tamiz Estándar	Abert. (mm)	Peso Reten. (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acum.	% Que Pasa	Límites (NTP 400.037)		
						Mínimo	Máximo	
1 1/2"	37.500							
1"	25.000	2.45	0.5	0.5	99.5	100.00	100.00	
3/4"	19.000	10.90	2.1	2.5	97.5	90.00	100.00	
1/2"	12.500	264.2	50.0	52.5	47.5	20.00	55.00	
3/8"	9.500	155.9	29.5	82.0	18.0	-	15.00	
N° 4	4.750	75.0	14.2	96.2	3.8	-	5.00	
N° 8	2.360	12.2	2.3	98.5	1.5	-	-	
N° 16	1.180	7.8	1.5	100.0	-			
FONDO	-	-	-	100.0	-			
		528.420	100.00					
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL:							1/2"	
MÓDULO DE FINURA:							6.81	

Fuente: elaboración propia

4.2.3. Propiedades físicas de los agregados

Tabla 11: Análisis de las propiedades físicas de los agregados

DESCRIPCION	AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
Peso Unitario Suelto	1600	Kg/m ³	1290	Kg/m ³
Peso Unitario Compactado	1700	Kg/m ³	1350	Kg/m ³
P. Especifico Masa Seca	2.95	gr/cm ³	2.15	gr/cm ³
Contenido de Humedad	5.9	%	0.9	%
% de Absorción	3.15	%	1.95	%
Módulo de Fineza	2.95		6.81	
Tamaño Máximo Nominal	3/8	"	1/2	"

Fuente: Elaboración propia

4.2.4. Dosificación de concreto

En esta investigación se realizó el diseño de mezcla mediante el método del ACI 211, comenzando por un diseño de muestra patrón y tres diseños en dosificaciones de 3, 6 y 9 kg/m³ de ceniza de bagazo de caña de azúcar con respecto al peso unitario del cemento, 40%, 50% y 60% de poliestireno expandido con respecto al volumen del agregado grueso, teniendo en cuenta que nuestro concreto tendrá que ser ligero y de una buena resistencia.

Tabla 12: Resultados del diseño de mezcla método CAI 211

MATERIALES	DISEÑO PARA 1 m ³ DE CONCRETO PATRON		DISEÑO PARA 0.02 m ³ DE CONCRETO PATRON		VOLUMEN
CEMENTO	393.013	kg	7.86	kg	0.00786026
A. FINO	1000.008	kg	20.00	kg	0.02000016
A. GRUESO	735.627	kg	14.71	kg	0.01471254
AGUA (L/m³)	197.687	kg	3.95	kg	0.00395374
AIRE	0	kg	0.00	kg	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: Proporción de aditivos

ADITIVO	UND	(-)	PROM.	(+)
ESFERAS DE POLIESTIRENO	%	40.00	50.00	60.00
CENIZA BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR	KG/M ³	3.00	6.00	9.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: Resultados de dosificación variables

PATRONES	ADITIVOS	UND	DIAS DE ROTURA		
			7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
PATRON (-)	ESFERAS DE POLIESTIRENO	kg	0.00	0.00	0.00
	CENIZA BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR	kg	0.24	0.24	0.24
PATRON (+)	ESFERAS DE POLIESTIRENO	kg	0.00	0.00	0.00
	CENIZA BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR	kg	0.71	0.71	0.71
PATRON PROMEDIO	ESFERAS DE POLIESTIRENO	kg	0.00	0.00	0.00
	CENIZA BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR	kg	0.47	0.47	0.47

Fuente: Elaboración propia

Los datos obtenidos en esta presente tabla son para una tanda de 9 probetas que corresponde a 0.02 m³, así mismo, este se utilizó para el patrón general y 3 muestras adicionando cenizas de bagazo de caña de azúcar en diferentes porcentajes, para posterior ser analizadas a los 7, 14 y 28 días, tablas abajo presento las dosificaciones para cada patrón, de la siguiente manera,

diseños en dosificaciones de 3, 6 y 9 kg/m³ de ceniza de bagazo de caña de azúcar con respecto al peso unitario del cemento, 40%, 50% y 60% de poliestireno expandido con respecto al volumen del agregado grueso.

Tabla 15: Dosificación de patrón general

MATERIALES	DISEÑO PARA 1 m³ DE CONCRETO		DISEÑO PARA 0.02 m³ DE CONCRETO		VOLUM.
CEMENTO	393.013	k g	7.86	kg	0.00786
A. FINO	1000.008	k g	20.00	kg	0.02000
A. GRUESO	735.627	k g	14.71	kg	0.01471
AGUA (L/m³)	197.687	k g	3.95	kg	0.00395

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: Dosificación de patrón (-)

MATERIALES	DISEÑO PARA 1 m³ DE CONCRETO		DISEÑO PARA 0.02 m³ DE CONCRETO		VOLUM.
CEMENTO	393.013	k g	7.86	kg	0.00786
A. FINO	705.757	k g	14.12	kg	0.01412
A. GRUESO	723.837	k g	14.48	kg	0.01448
AGUA (L/m³)	197.687	k g	3.95	kg	0.00395

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17: Dosificación de patrón (+)

MATERIALES	DISEÑO PARA 1 m ³ DE CONCRETO		DISEÑO PARA 0.02 m ³ DE CONCRETO		VOLUM.
CEMENTO	393.013	k g	7.86	kg	0.00786
A. FINO	558.632	k g	11.17	kg	0.01117
A. GRUESO	700.256	k g	14.01	kg	0.01401
AGUA (L/m³)	197.687	k g	3.95	kg	0.00395

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18: Dosificación de patrón promedio

MATERIALES	DISEÑO PARA 1 m ³ DE CONCRETO		DISEÑO PARA 0.02 m ³ DE CONCRETO		VOLUM.
CEMENTO	393.013	kg	7.86	kg	0.00786
A. FINO	632.195	kg	12.64	kg	0.01264
A. GRUESO	712.046	kg	14.24	kg	0.01424
AGUA (L/m³)	197.687	kg	3.95	kg	0.00395

Fuente: Elaboración propia

4.2.5. Peso Unitario del Concreto

Según la norma ACI 213R-14 la clasificación del concreto ligero se da de acuerdo a su densidad y sus variantes, las cuales presento en las siguientes tablas.

Tabla 19: Peso unitario del concreto patrón general

CODIGO	PESO (g)	g/cm ³	Kg/m ³
T7	3721.5	2.431	2431.45
T8	3754.8	2.486	2485.61
T9	3701.1	2.445	2444.91
PROM	3725.8	2.454	2453.99

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20: *Peso unitario del concreto patrón (-)*

CODIGO	PESO (g)	g/cm3	Kg/m3
T1-7	2978.3	1.955	1954.80
T1-8	3054.2	2.027	2027.11
T1-9	3079.7	2.010	2010.14
PROM	3037.4	1.997	1997.35

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21: *Peso unitario del concreto patrón (+)*

CODIGO	PESO (g)	g/cm3	Kg/m3
T2-7	2806.4	1.830	1830.46
T2-8	2815.7	1.812	1811.65
T2-9	2728.2	1.806	1805.91
PROM	2783.4333	1.816	1816.01

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22: *Peso unitario del concreto patrón promedio*

CODIGO	PESO (g)	g/cm3	Kg/m3
T3-7	2914.2	1.876	1875.96
T3-8	2926.2	1.904	1903.86
T3-9	2876.9	1.870	1870.26
PROM	2905.7667	1.883	1883.36

Fuente: Elaboración propia

En estas tablas se presenta los datos obtenidos del peso unitario del concreto, donde se aprecia los datos por probeta y también los promedios del peso unitario del concreto de los diferentes patrones, pudiendo determinar que el peso unitario más bajo es el patrón (+) con 1816.01 kg/m³ así mismo, el más alto es el patrón general con 2453.99 kg/m³. A continuación se realiza las comparaciones de todas la muestras con el patrón general para poder ver el comportamiento del peso unitario adicionando 3, 6 y 9 kg/m³ de ceniza de

bagazo de caña de azúcar con respecto al peso unitario del cemento, 40%, 50% y 60% de poliestireno expandido con respecto al volumen del agregado grueso, de la misma manera teniendo en cuenta que el principal objetivo de esta investigación es poder llegar a conseguir un peso unitario ideal para que se considere concreto ligero y este es todo aquel concreto que tiene un peso volumétrico fresco menor de 1900 kg/m³.

Gráfico 1: Comparación del peso unitario de todas las muestras



Fuente: Elaboración propia.

En el presente gráfico se presentan los datos del peso unitario del concreto, donde se aprecian los datos por probeta y también los promedios del peso unitario del concreto de los diferentes patrones, pudiendo determinar que el peso unitario más bajo es el patrón (+) con 1816.01 kg/m³ así mismo, el más alto es el patrón general con 2453.99 kg/m³.

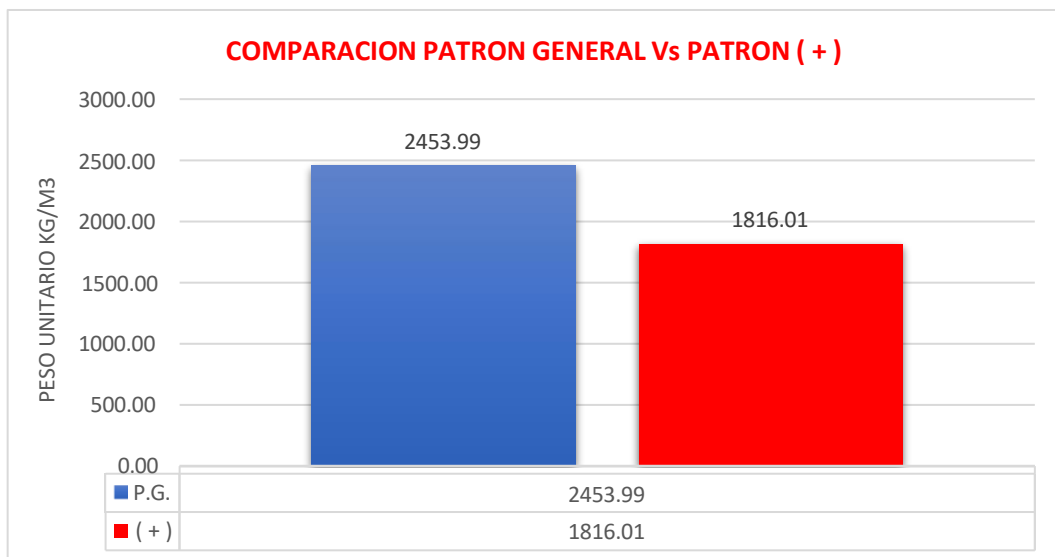
Gráfico 2: Comparación del peso unitario PG. Vs Patrón (-)



Fuente: Elaboración propia.

En el presente grafico se presenta los datos del peso unitario del concreto, donde la muestra patrón general obtuvo un peso unitario de 2453.99 kg/m³ y la muestra del patrón (-) obtuvo 1997.35 kg/m³.

Gráfico 3: Comparación del peso unitario PG. Vs Patrón (+)



Fuente: Elaboración propia.

En el presente grafico se presenta los datos del peso unitario del concreto, donde la muestra patrón general obtuvo un peso unitario de 2453.99 kg/m³ y la muestra del patrón (+) obtuvo 1816.01 kg/m³.

Gráfico 4: Comparación del peso unitario PG. Vs Patrón promedio



Fuente: Elaboración propia.

En el presente gráfico se presentan los datos del peso unitario del concreto, donde la muestra patrón general obtuvo un peso unitario de 2453.99 kg/m³ y la muestra del patrón promedio obtuvo 1883.36 kg/m³.

4.2.6. Ensayo de resistencia a la compresión del concreto ASTM C-39

Se ha determinado que la resistencia a compresión del concreto con sustitución parcial del cemento por aplicaciones de ceniza de bagazo de caña de azúcar en un porcentaje del 3, 6 y 9 kg/m³ con respecto al cemento y posterior reemplazo al agregado fino, se tienen los siguientes resultados de los ensayos de la resistencia a los 7, 14 y 28 días.

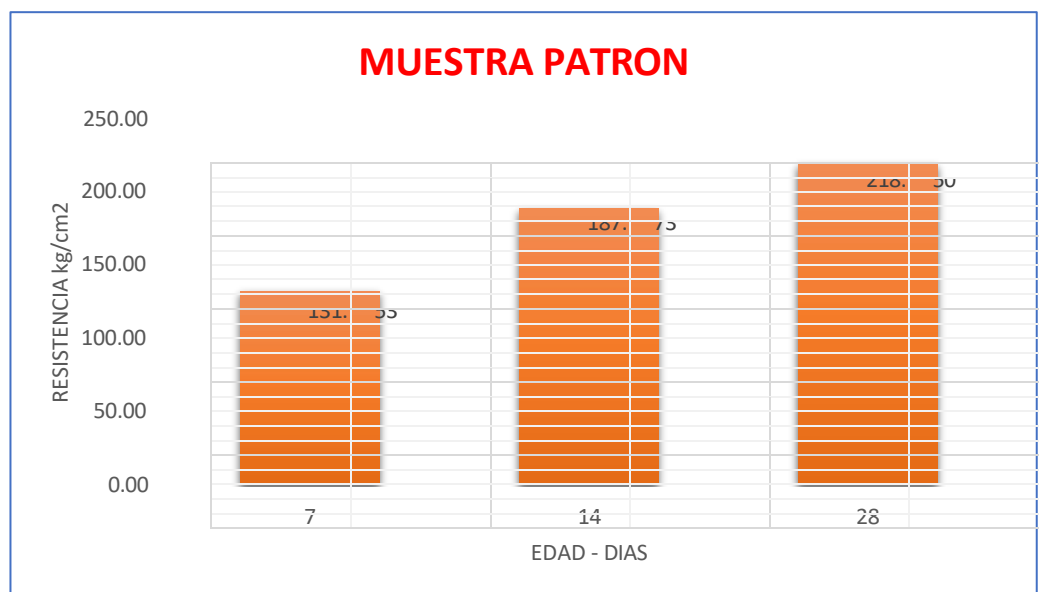
Tabla 23: Resistencia a la compresión patrón general

Descripción	edad	fecha		Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	tipo de rotura
		vaciado	rotura		
P. GENERAL	7	17/07/2023	24/07/2023	127.8	TIPO 4
P. GENERAL	7	17/07/2023	24/07/2023	131.7	TIPO 3
P. GENERAL	7	17/07/2023	24/07/2023	135.1	TIPO 3
P. GENERAL	14	17/07/2023	31/07/2023	190.1	TIPO 4
P. GENERAL	14	17/07/2023	31/07/2023	187.2	TIPO 3
P. GENERAL	14	17/07/2023	31/07/2023	185.9	TIPO 3
P. GENERAL	28	17/07/2023	14/08/2023	215.9	TIPO 4
P. GENERAL	28	17/07/2023	14/08/2023	221.5	TIPO 3
P. GENERAL	28	17/07/2023	14/08/2023	218.1	TIPO 4

Fuente: Elaboración propia

La tabla 23 nos presenta los resultados de la resistencia a la compresión de las muestra patrón general a los 7, 14 y 28 días de curado, obteniendo los promedios de 131.53 kg/cm² a los 7 días, 187.73 kg/cm² a los 14 días y 218.50 kg/cm² a los 28 días.

Gráfico 5: Resistencia a la compresión patrón general



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 05 nos presenta los resultados de la resistencia a la compresión de las muestra patrón general a los 7, 14 y 28 días de curado, obteniendo los promedios del 63% a los 7 días, 89% a los 14 días y 104% a los 28 días.

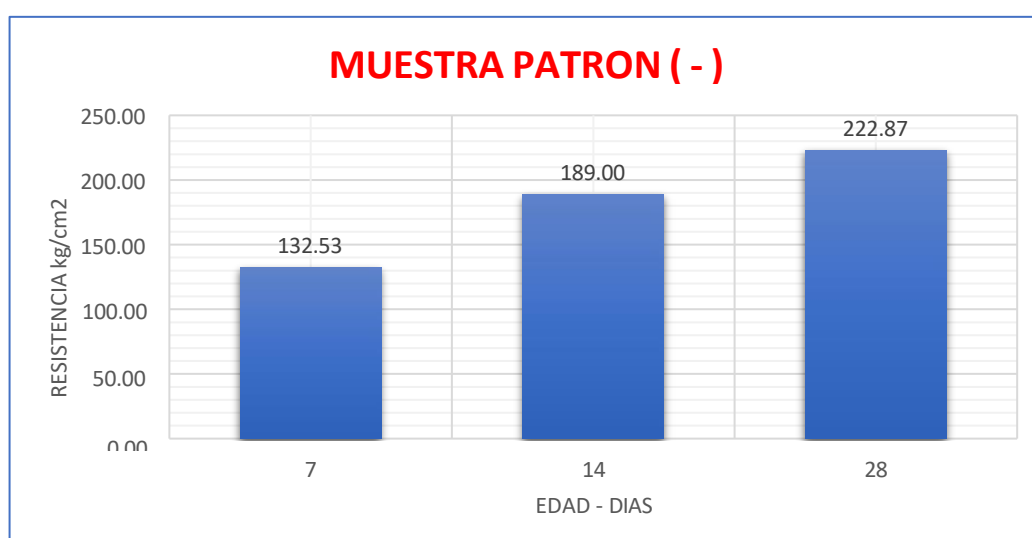
Tabla 24: Resistencia a la compresión patrón (-)

Descripción	edad	fecha		Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	tipo de rotura
		vaciado	rotura		
PATRON (-)	7	17/07/2023	24/07/2023	129.45	TIPO 4
PATRON (-)	7	17/07/2023	24/07/2023	131.45	TIPO 3
PATRON (-)	7	17/07/2023	24/07/2023	136.7	TIPO 3
PATRON (-)	14	17/07/2023	31/07/2023	188.9	TIPO 5
PATRON (-)	14	17/07/2023	31/07/2023	186.7	TIPO 5
PATRON (-)	14	17/07/2023	31/07/2023	191.4	TIPO 5
PATRON (-)	28	17/07/2023	14/08/2023	217.89	TIPO 4
PATRON (-)	28	17/07/2023	14/08/2023	222.91	TIPO 5
PATRON (-)	28	17/07/2023	14/08/2023	227.81	TIPO 5

Fuente: Elaboración propia

La tabla 24 nos presenta los resultados de la resistencia a la compresión de la muestra patrón (-) a los 7, 14 y 28 días de curado, obteniendo los promedios de 132.53 kg/cm² a los 7 días, 189.00 kg/cm² a los 14 días y 222.87 kg/cm² a los 28 días, estos con una dosificación de 3 kg/m³ de ceniza de bagazo de caña de azúcar y 40% de esferas de poliestireno.

Gráfico 6: Resistencia a la compresión patrón (-)



Fuente: Elaboración propia.

El grafico 06 nos presenta los resultados de la resistencia a la compresión de la muestra patrón (-) a los 7, 14 y 28 días de curado, obteniendo los promedios de 63% a los 7 días, 90% a los 14 días y 106% a los 28 días, estos con una dosificación de 3 kg/m³ de ceniza de bagazo de caña de azúcar y 40% de esferas de poliestireno.

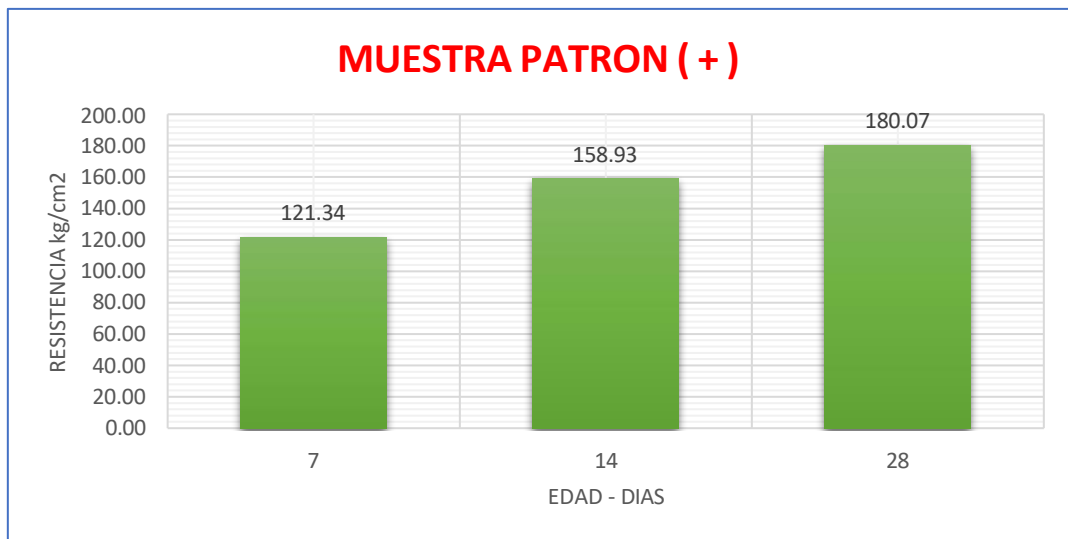
Tabla 25: Resistencia a la compresión patrón (+)

Descripción	edad	fecha		Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	tipo de rotura
		vaciado	rotura		
PATRON (+)	7	17/07/2023	24/07/2023	125.41	TIPO 4
PATRON (+)	7	17/07/2023	24/07/2023	121.14	TIPO 5
PATRON (+)	7	17/07/2023	24/07/2023	117.48	TIPO 5
PATRON (+)	14	17/07/2023	31/07/2023	157.12	TIPO 5
PATRON (+)	14	17/07/2023	31/07/2023	164.23	TIPO 5
PATRON (+)	14	17/07/2023	31/07/2023	155.45	TIPO 4
PATRON (+)	28	17/07/2023	14/08/2023	183.12	TIPO 3
PATRON (+)	28	17/07/2023	14/08/2023	179.25	TIPO 5
PATRON (+)	28	17/07/2023	14/08/2023	177.84	TIPO 4

Fuente: Elaboración propia

La tabla 25 nos presenta los resultados de la resistencia a la compresión de la muestra patrón (+) a los 7, 14 y 28 días de curado, obteniendo los promedios de 121.34 kg/cm² a los 7 días, 158.93 kg/cm² a los 14 días y 180.07 kg/cm² a los 28 días, estos con una dosificación de 9 kg/m³ de ceniza de bagazo de caña de azúcar y 60% de esferas de poliestireno.

Gráfico 7: Resistencia a la compresión patrón (+)



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 07 nos presenta los resultados de la resistencia a la compresión de la muestra patrón (+) a los 7, 14 y 28 días de curado, obteniendo los promedios de 58% a los 7 días, 76% a los 14 días y 86% a los 28 días, estos con una dosificación de 9 kg/m³ de ceniza de bagazo de caña de azúcar y 60% de esferas de poliestireno.

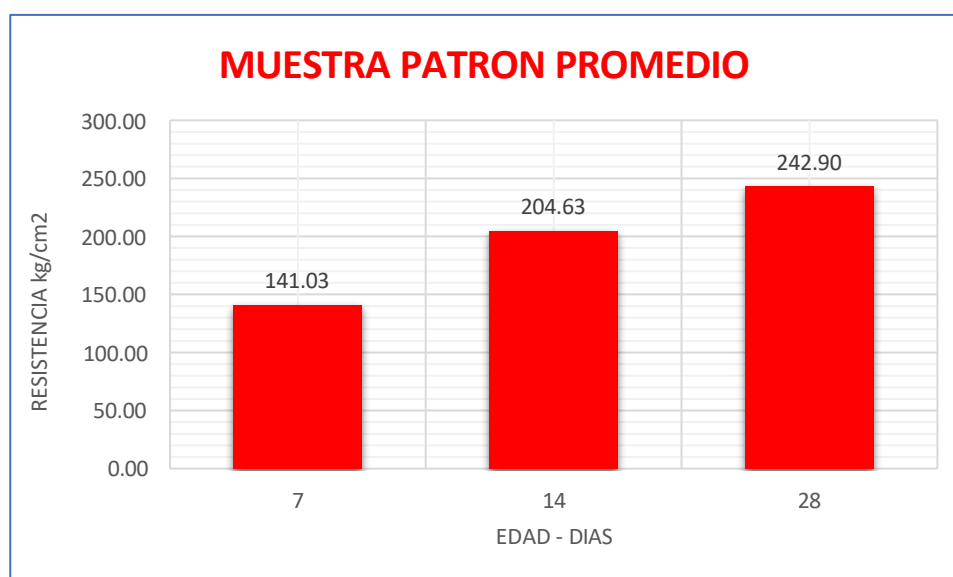
Tabla 26: Resistencia a la compresión patrón promedio

Descripción	edad	fecha		Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	tipo de rotura
		vaciado	rotura		
PROMEDIO	7	17/07/2023	24/07/2023	137.9	TIPO 2
PROMEDIO	7	17/07/2023	24/07/2023	145.1	TIPO 2
PROMEDIO	7	17/07/2023	24/07/2023	140.1	TIPO 3
PROMEDIO	14	17/07/2023	31/07/2023	201.5	TIPO 2
PROMEDIO	14	17/07/2023	31/07/2023	207.8	TIPO 2
PROMEDIO	14	17/07/2023	31/07/2023	204.6	TIPO 2
PROMEDIO	28	17/07/2023	14/08/2023	239.4	TIPO 2
PROMEDIO	28	17/07/2023	14/08/2023	247.9	TIPO 2
PROMEDIO	28	17/07/2023	14/08/2023	241.4	TIPO 5

Fuente: Elaboración propia

La tabla 26 nos presenta los resultados de la resistencia a la compresión de la muestra patrón promedio a los 7, 14 y 28 días de curado, obteniendo los promedios de 141.03 kg/cm² a los 7 días, 204.63 kg/cm² a los 14 días y 242.90 kg/cm² a los 28 días, estos con una dosificación de 6 kg/m³ de ceniza de bagazo de caña de azúcar y 50% de esferas de poliestireno.

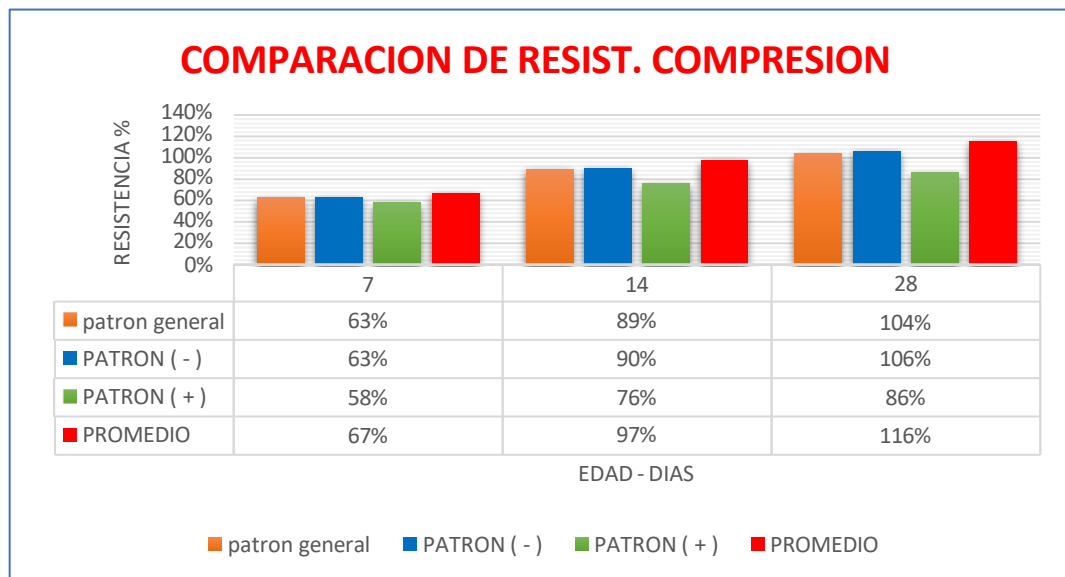
Gráfico 8: Resistencia a la compresión patrón promedio



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 08 nos presenta los resultados de la resistencia a la compresión de la muestra patrón promedio a los 7, 14 y 28 días de curado, obteniendo los promedios de 67% a los 7 días, 97% a los 14 días y 116% a los 28 días, estos con una dosificación de 6 kg/m³ de ceniza de bagazo de caña de azúcar y 50% de esferas de poliestireno.

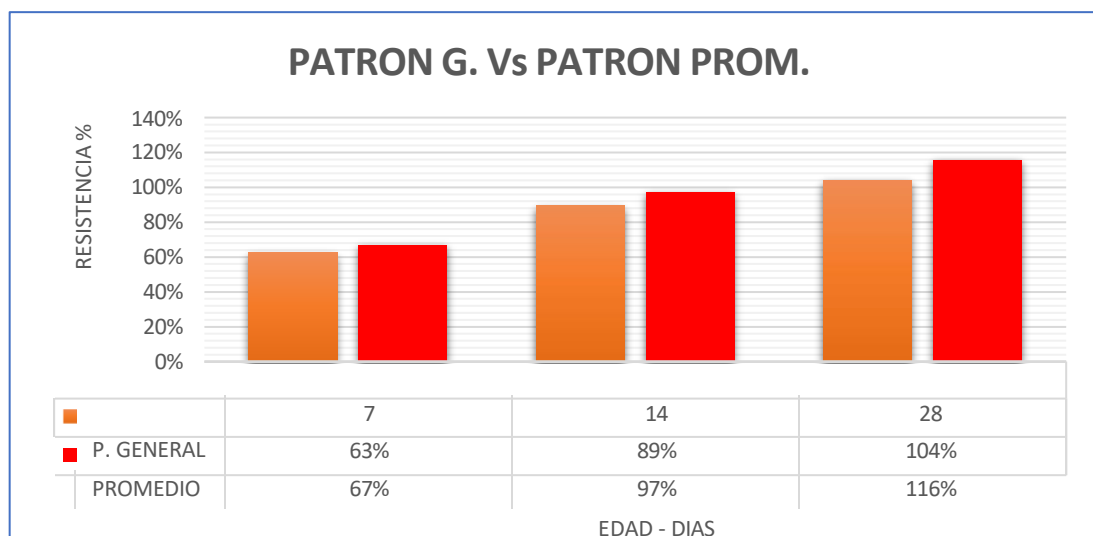
Gráfico 9: Comparaciones de las muestras de Resist. a la compresión



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 09 nos presenta los resultados de la resistencia a la compresión de todas las muestras a los 7, 14 y 28 días de curado, obteniendo el resultado promedios más bajo de la muestra (+) con 86% a los 28 días, y con el más alto la muestra promedio con 116% con un 12% por encima de las muestra patrón general y con una dosificación de 6 kg/m³ de ceniza de bagazo de caña de azúcar y 50% de esferas de poliestireno.

Gráfico 10: Comparaciones de las muestras P.G. Vs P. Promedio



Fuente: Elaboración propia

El grafico 10 nos presenta los resultados de la resistencia a la compresión de la muestra patrón general y la muestra patrón promedio las cuales a los 28 días el patrón general llego a un 104% y la muestra patrón promedio llego a 116% con un 12% por encima de las muestra patrón general y con una dosificación de 6 kg/m³ de ceniza de bagazo de caña de azúcar y 50% de esferas de poliestireno.

4.2.7. Ensayo de resistencia a la tracción indirecta

La tracción indirecta del concreto es una medida de la resistencia a la tensión de este material de construcción, evaluada mediante métodos indirectos debido a la dificultad de realizar ensayos directos de tracción en materiales frágiles como el concreto. Un método comúnmente utilizado para este propósito es el ensayo de compresión diametral, también conocido como el ensayo Brazilian. Este método implica someter un cilindro de concreto a una carga compresiva aplicada a lo largo de uno de sus diámetros, generando así tensiones de tracción perpendiculares a la carga. La fractura que ocurre refleja la resistencia a la tracción del material, que es calculada a partir de la carga máxima aplicada antes de la fractura. Este valor es crucial para entender cómo el concreto se comportará bajo tensiones que podrían causar su rotura en aplicaciones estructurales.

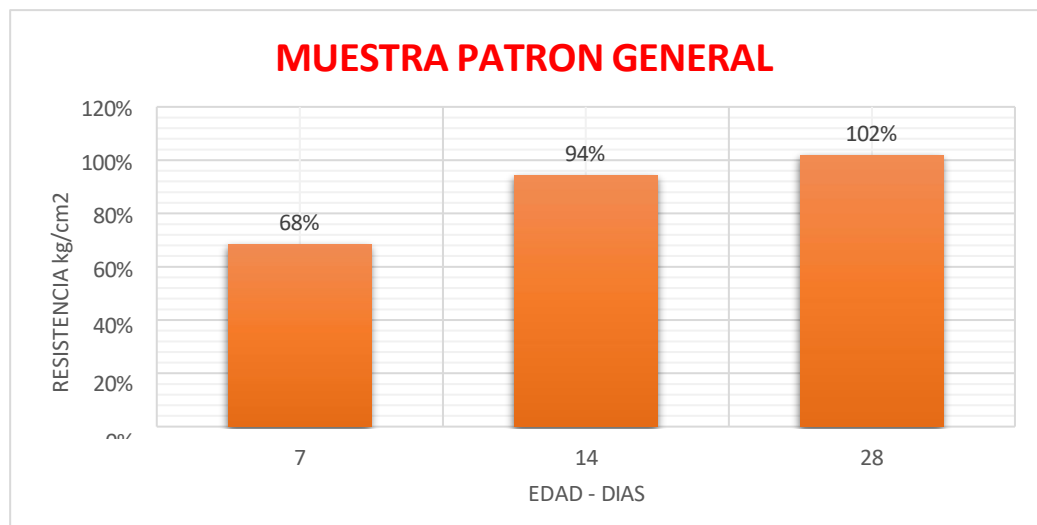
Tabla 27: Resistencia a la tracción indirecta patrón general

Descripción	edad	fecha		Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	tipo de rotura
		vaciado	rotura		
P. GENERAL	7	17/07/2023	24/07/2023	13.52	C
P. GENERAL	7	17/07/2023	24/07/2023	15.14	B
P. GENERAL	7	17/07/2023	24/07/2023	14.40	B
P. GENERAL	14	17/07/2023	31/07/2023	19.93	A
P. GENERAL	14	17/07/2023	31/07/2023	19.28	C
P. GENERAL	14	17/07/2023	31/07/2023	20.26	C
P. GENERAL	28	17/07/2023	14/08/2023	21.75	B
P. GENERAL	28	17/07/2023	14/08/2023	21.16	A
P. GENERAL	28	17/07/2023	14/08/2023	21.31	A

Fuente: Elaboración propia

La tabla 27 nos presenta los resultados de la resistencia a la tracción indirecta de las muestra patrón general a los 7, 14 y 28 días de curado, obteniendo los promedios de 14.35 kg/cm² a los 7 días, 19.82 kg/cm² a los 14 días y 21.41 kg/cm² a los 28 días.

Gráfico 11: Resistencia a la tracción indirecta muestra patrón general



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 11 nos presenta los resultados de la resistencia a la compresión de la muestra patrón general a los 7, 14 y 28 días de curado, obteniendo los promedios del 68% a los 7 días, 94% a los 14 días y 102% a los 28 días.

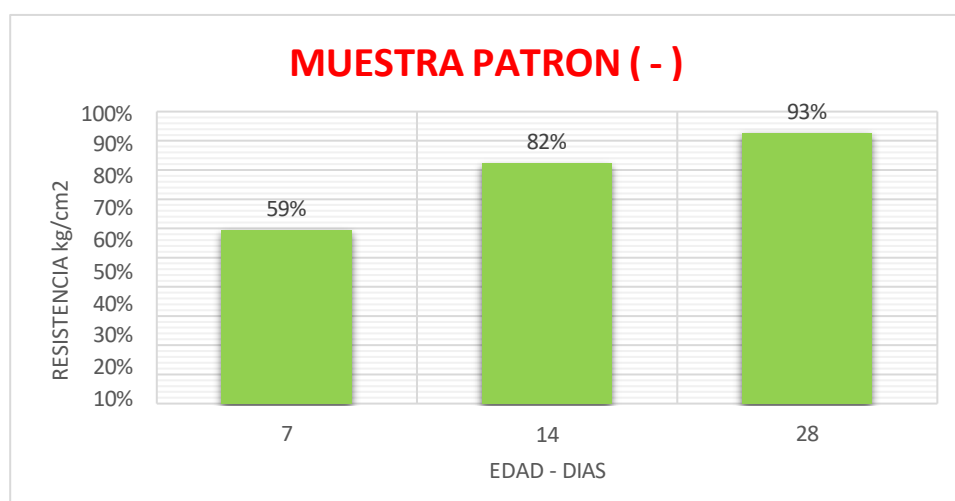
Tabla 28: Resistencia a la tracción indirecta patrón (-)

Descripción	edad	fecha		Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	tipo de rotura
		vaciado	rotura		
PATRON (-)	7	17/07/2023	24/07/2023	11.59	B
PATRON (-)	7	17/07/2023	24/07/2023	12.26	B
PATRON (-)	7	17/07/2023	24/07/2023	13.62	B
PATRON (-)	14	17/07/2023	31/07/2023	16.71	A
PATRON (-)	14	17/07/2023	31/07/2023	18.51	C
PATRON (-)	14	17/07/2023	31/07/2023	16.59	C
PATRON (-)	28	17/07/2023	14/08/2023	19.66	B
PATRON (-)	28	17/07/2023	14/08/2023	19.00	B
PATRON (-)	28	17/07/2023	14/08/2023	19.75	C

Fuente: Elaboración propia

La tabla 28 nos presenta los resultados de la resistencia a la tracción indirecta de las muestra patrón (-) a los 7, 14 y 28 días de curado, obteniendo los promedios de 12.49 kg/cm² a los 7 días, 17.27 kg/cm² a los 14 días y 19.47 kg/cm² a los 28 días, estos con una dosificación de 3 kg/m³ de ceniza de bagazo de caña de azúcar y 40% de esferas de poliestireno.

Gráfico 12: Resistencia a la tracción indirecta muestra patrón (-)



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 12 nos presenta los resultados de la resistencia a la compresión de la muestra patrón (-) a los 7, 14 y 28 días de curado, obteniendo los promedios de 59% a los 7 días, 82% a los 14 días y 93% a los 28 días, estos con una dosificación de 3 kg/m³ de ceniza de bagazo de caña de azúcar y 40% de esferas de poliestireno.

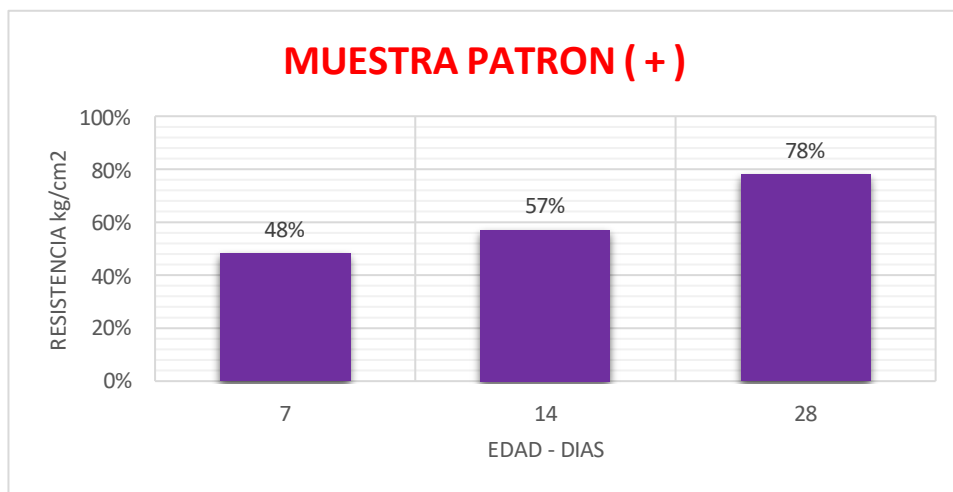
Tabla 29: Resistencia a la tracción indirecta patrón (+)

Descripción	edad	fecha		Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	tipo de rotura
		vaciado	rotura		
PATRON (+)	7	17/07/2023	24/07/2023	10.83	A
PATRON (+)	7	17/07/2023	24/07/2023	9.93	A
PATRON (+)	7	17/07/2023	24/07/2023	9.59	B
PATRON (+)	14	17/07/2023	31/07/2023	11.96	B
PATRON (+)	14	17/07/2023	31/07/2023	12.48	A
PATRON (+)	14	17/07/2023	31/07/2023	11.47	A
PATRON (+)	28	17/07/2023	14/08/2023	16.99	C
PATRON (+)	28	17/07/2023	14/08/2023	16.37	B
PATRON (+)	28	17/07/2023	14/08/2023	15.77	B

Fuente: Elaboración propia

La tabla 29 nos presenta los resultados de la resistencia a la tracción indirecta de las muestra patrón (+) a los 7, 14 y 28 días de curado, obteniendo los promedios de 10.12 kg/cm² a los 7 días, 11.97 kg/cm² a los 14 días y 16.37 kg/cm² a los 28 días, estos con una dosificación de 9 kg/m³ de ceniza de bagazo de caña de azúcar y 60% esferas de poliestireno.

Gráfico 13: Resistencia a la tracción indirecta muestra patrón (+)



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 13 nos presenta los resultados de la resistencia a la compresión de la muestra patrón (+) a los 7, 14 y 28 días de curado, obteniendo los promedios de 48% a los 7 días, 57% a los 14 días y 78% a los 28 días, estos con una dosificación de 9 kg/m³ de ceniza de bagazo de caña de azúcar y 60% esferas de poliestireno.

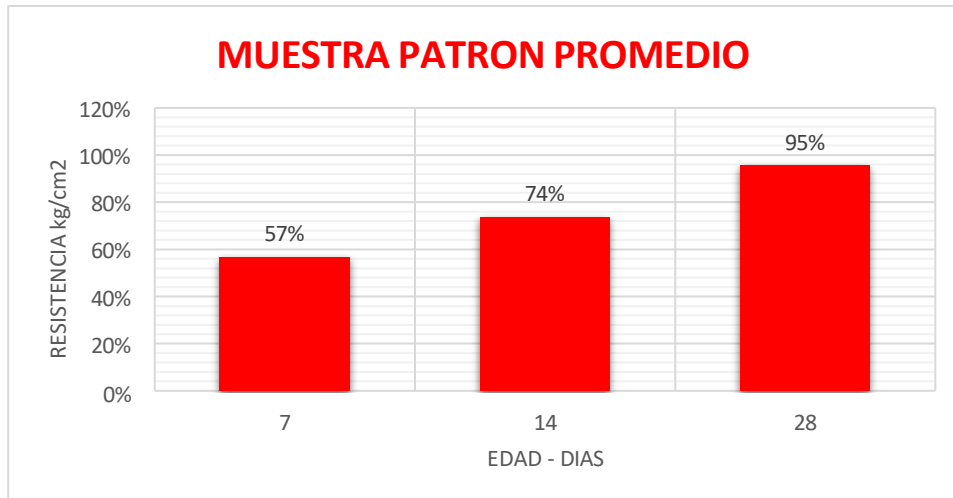
Tabla 30: Resistencia a la tracción indirecta patrón promedio

Descripción	edad	fecha		Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	tipo de rotura
		vaciado	rotura		
PROMEDIO	7	17/07/2023	24/07/2023	11.94	A
PROMEDIO	7	17/07/2023	24/07/2023	12.23	C
PROMEDIO	7	17/07/2023	24/07/2023	11.64	C
PROMEDIO	14	17/07/2023	31/07/2023	14.93	A
PROMEDIO	14	17/07/2023	31/07/2023	15.57	B
PROMEDIO	14	17/07/2023	31/07/2023	15.98	A
PROMEDIO	28	17/07/2023	14/08/2023	19.56	A
PROMEDIO	28	17/07/2023	14/08/2023	20.51	B
PROMEDIO	28	17/07/2023	14/08/2023	20.09	B

Fuente: Elaboración propia

La tabla 30 nos presenta los resultados de la resistencia a la tracción indirecta de las muestra patrón promedio a los 7, 14 y 28 días de curado, obteniendo los promedios de 11.94 kg/cm² a los 7 días, 15.49 kg/cm² a los 14 días y 20.05 kg/cm² a los 28 días, estos con una dosificación de 6 kg/m³ de ceniza de bagazo de caña de azúcar y 50% de esferas de poliestireno.

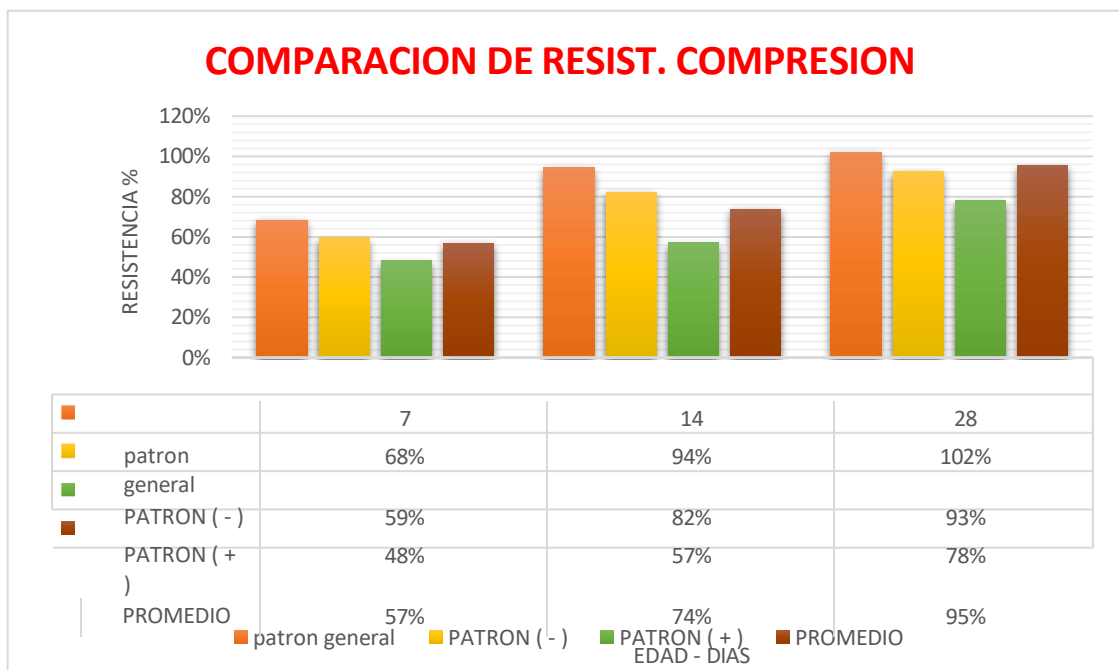
Gráfico 14: Resistencia a la tracción indirecta muestra patrón promedio



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 14 nos presenta los resultados de la resistencia a la compresión de la muestra patrón promedio a los 7, 14 y 28 días de curado, obteniendo los promedios de 57% a los 7 días, 74% a los 14 días y 95% a los 28 días, estos con una dosificación de 6 kg/m³ de ceniza de bagazo de caña de azúcar y 50% de esferas de poliestireno.

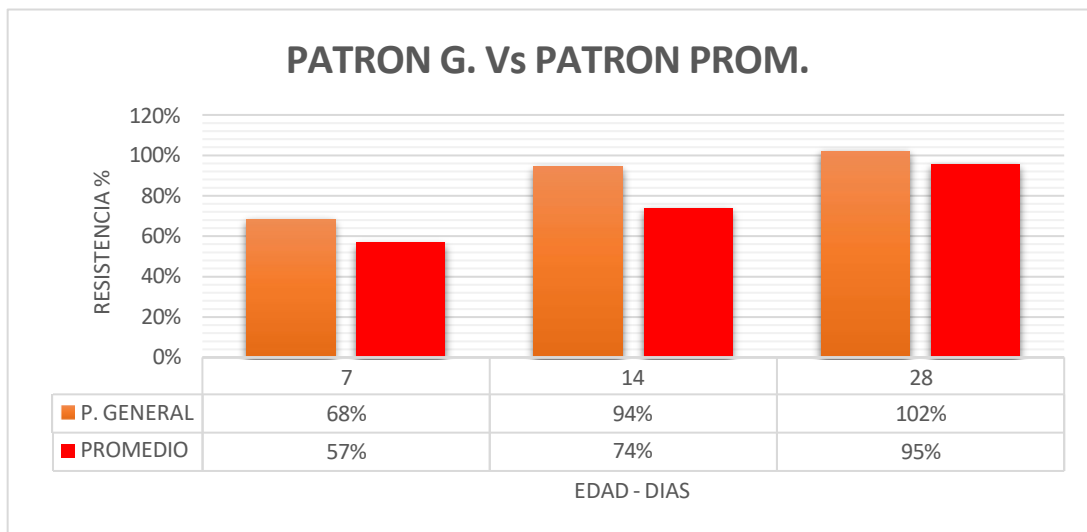
Gráfico 15: Comparaciones de las muestras de Resist. a la tracción indirecta



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 15 nos presenta los resultados de la resistencia a la compresión de todas las muestras a los 7, 14 y 28 días de curado, obteniendo el resultado promedios más bajo de la muestra (+) con 78% a los 28 días, y con el más alto la muestra patrón general con 102% con un 7% por encima de las muestra más cercana al diseño 210 kg/cm².

Gráfico 16: Comparaciones de las muestras P.G. Vs P. Promedio.



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 16 nos presenta los resultados de la resistencia a la compresión de la muestra patrón general y la muestra patrón promedio las cuales a los 28 días el patrón general llegó a un 102% y la muestra patrón promedio llegó a 95% con un 7% por debajo del diseño de mezcla que fue 210kg/cm².

4.2.8. Resistencia a la flexión del concreto NTP 339.079-2001

Se realizaron un total de 9 probetas por patrón de 0.15 x 0.15 x 0.55, donde se engrasa con petróleo a los moldes, donde se realizó la colocación de la muestra de concreto apisonando una varilla para proceder a golpear 10 veces con el martillo de goma.

Tabla 31: Resistencia a la flexión muestra patrón

Descripción	edad	fecha		carga máxima (KN)
		vaciado	rotura	
P. GENERAL	7	17/07/2023	24/07/2023	27.84
P. GENERAL	7	17/07/2023	24/07/2023	26.99
P. GENERAL	7	17/07/2023	24/07/2023	25.97
P. GENERAL	14	17/07/2023	31/07/2023	33.25
P. GENERAL	14	17/07/2023	31/07/2023	31.20
P. GENERAL	14	17/07/2023	31/07/2023	35.24
P. GENERAL	28	17/07/2023	14/08/2023	46.87
P. GENERAL	28	17/07/2023	14/08/2023	44.74
P. GENERAL	28	17/07/2023	14/08/2023	47.12

FUENTE: Elaboración propia

La tabla 31 nos presenta los resultados de la resistencia a la flexión de las muestra patrón general a los 7, 14 y 28 días de curado, obteniendo los promedios de 26.93 KN a los 7 días, 33.23 KN a los 14 días y 46.24 KN a los 28 días.

Tabla 32: Resistencia a la flexión muestra (-)

Descripción	edad	fecha		carga máxima (KN)
		vaciado	rotura	
PATRON (-)	7	17/07/2023	24/07/2023	25.12
PATRON (-)	7	17/07/2023	24/07/2023	20.55
PATRON (-)	7	17/07/2023	24/07/2023	23.41
PATRON (-)	14	17/07/2023	31/07/2023	29.56
PATRON (-)	14	17/07/2023	31/07/2023	30.12
PATRON (-)	14	17/07/2023	31/07/2023	28.77
PATRON (-)	28	17/07/2023	14/08/2023	38.14
PATRON (-)	28	17/07/2023	14/08/2023	35.12
PATRON (-)	28	17/07/2023	14/08/2023	33.47

FUENTE: Elaboración propia

La tabla 32 nos presenta los resultados de la resistencia a la flexión de las muestra patrón (-) a los 7, 14 y 28 días de curado, obteniendo los promedios de 23.03 KN a los 7 días, 29.48 KN a los 14 días y 35.58 KN a los 28

días, estos con una dosificación de 3 kg/m³ de ceniza de bagazo de caña de azúcar y 40 % de esferas de poliestireno.

Tabla 33: Resistencia a la flexión muestra (+)

Descripción	edad	fecha		carga máxima (KN)
		vaciado	rotura	
PATRON (+)	7	17/07/2023	24/07/2023	17.25
PATRON (+)	7	17/07/2023	24/07/2023	16.33
PATRON (+)	7	17/07/2023	24/07/2023	13.81
PATRON (+)	14	17/07/2023	31/07/2023	21.23
PATRON (+)	14	17/07/2023	31/07/2023	18.12
PATRON (+)	14	17/07/2023	31/07/2023	19.47
PATRON (+)	28	17/07/2023	14/08/2023	25.89
PATRON (+)	28	17/07/2023	14/08/2023	27.12
PATRON (+)	28	17/07/2023	14/08/2023	26.14

FUENTE: Elaboración propia

La tabla 33 nos presenta los resultados de la resistencia a la flexión de las muestra patrón (+) a los 7, 14 y 28 días de curado, obteniendo los promedios de 15.80 KN a los 7 días, 19.61 KN a los 14 días y 26.38 KN a los 28 días, con una dosificación de 9 kg/m³ de ceniza de bagazo de caña de azúcar y 60% de esferas de poliestireno.

Tabla 34: Resistencia a la flexión muestra promedio

Descripción	edad	fecha		carga máxima (KN)
		vaciado	rotura	
PROMEDIO	7	17/07/2023	24/07/2023	19.55
PROMEDIO	7	17/07/2023	24/07/2023	17.42
PROMEDIO	7	17/07/2023	24/07/2023	20.14
PROMEDIO	14	17/07/2023	31/07/2023	25.78
PROMEDIO	14	17/07/2023	31/07/2023	27.45
PROMEDIO	14	17/07/2023	31/07/2023	24.15
PROMEDIO	28	17/07/2023	14/08/2023	39.45
PROMEDIO	28	17/07/2023	14/08/2023	38.45
PROMEDIO	28	17/07/2023	14/08/2023	40.17

FUENTE: Elaboración propia

La tabla 34 nos presenta los resultados de la resistencia a la flexión de las muestra patrón promedio a los 7, 14 y 28 días de curado, obteniendo los promedios de 19.04 KN a los 7 días, 25.79 KN a los 14 días y 39.36 KN a los 28 días, con una dosificación de 6 kg/m³ de ceniza de bagazo de caña de azúcar y 50% de esferas de poliestireno.

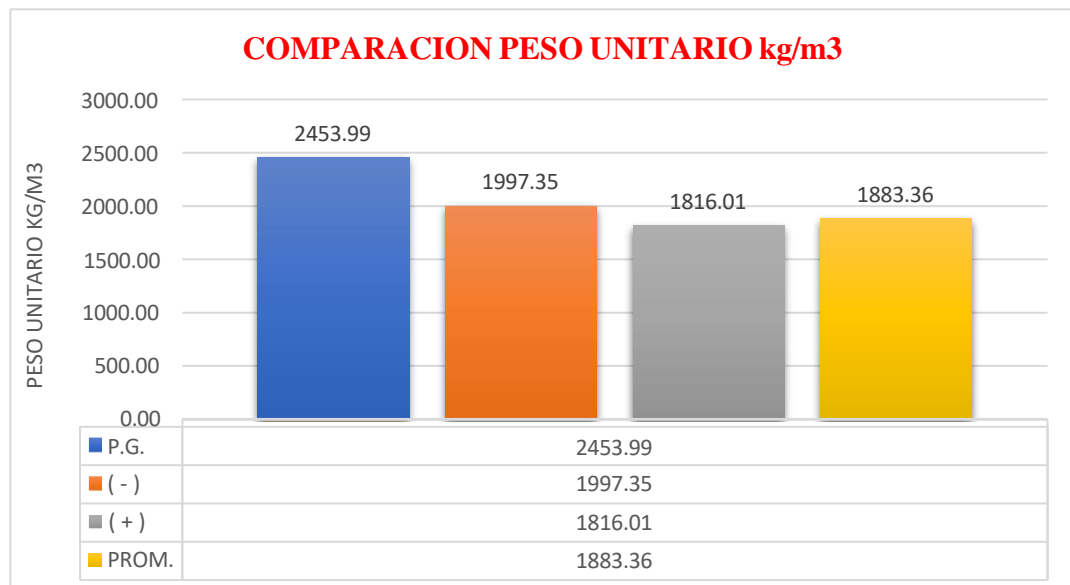
4.3. Prueba de Hipótesis

4.3.1. Prueba de Hipótesis General

Ho: Se tendrá el diseño optimo en la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022.

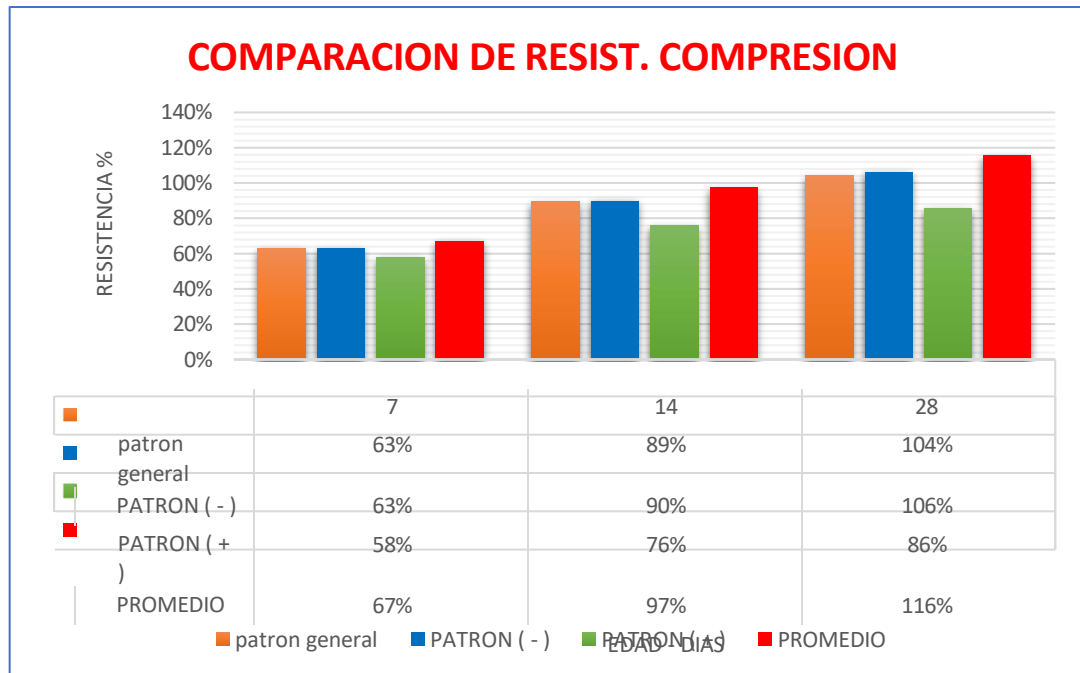
Ha: No se tendrá el diseño optimo en la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022.

Gráfico 17: Comparación del peso unitario de todas las muestras



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 18: Comparaciones de las muestras de Resistencia a la compresión



Fuente: Elaboración propia.

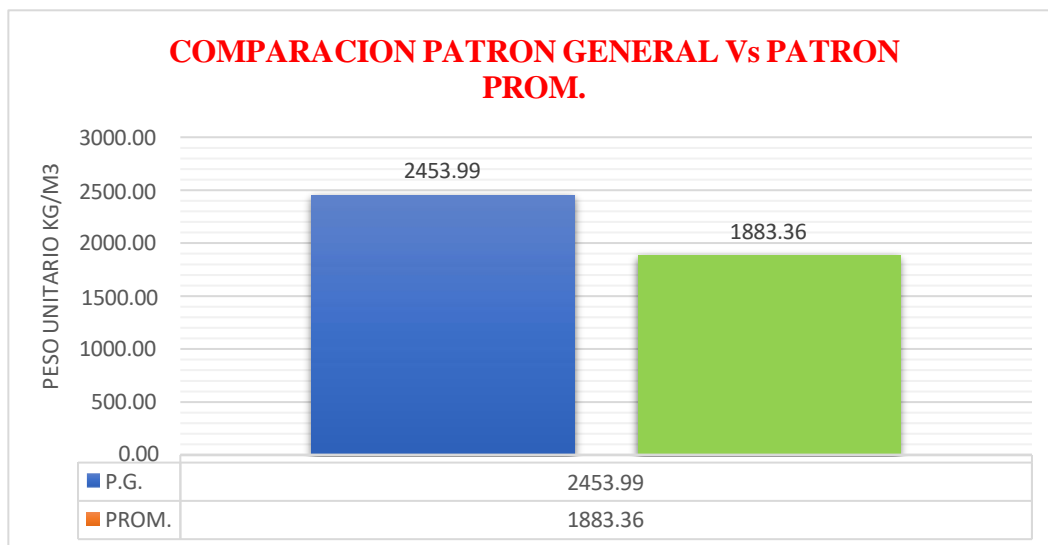
DECISIÓN: De acuerdo a los datos procesados si tenemos un diseño optimo en todas las muestras ensayadas, ya que, se mejoró la fabricación del concreto, se mejoró disminuir el peso unitario del concreto porque la muestra del patrón promedio con 1883.36 kg/m³ está dentro de lo exigido para ser concreto ligero, así mismo, la muestra patrón promedio es quien tuvo mayor influencia en el análisis de la resistencia a la compresión esto con un 12% por encima de la muestra patrón general, concluyendo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

4.3.2. Prueba de Hipótesis Específico 01

Ho: El peso unitario no será el adecuado con la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022.

Ha: El peso unitario será el adecuado con la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022

Gráfico 19: Comparación del peso unitario PG. Vs Patrón promedio



Fuente: Elaboración propia.

En el presente gráfico se presenta los datos del peso unitario del concreto, donde la muestra patrón general obtuvo un peso unitario de 2453.99 kg/m³ y la muestra del patrón promedio obtuvo 1883.36 kg/m³, este último cumpliendo lo exigido para ser concreto ligero y esto se consiguió con la dosificación de 6 kg/m³ de ceniza de bagazo de caña de azúcar y 50% de esferas de poliestireno, concluyendo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

4.3.3. Prueba de Hipótesis Específico 02

Ho: La resistencia a la compresión no mejorara con la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022.

Ha: La resistencia a la compresión mejorara con la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022.

Tabla 35: Prueba de normalidad resistencia a la compresión

	PROPIEDAD ES MECANICA S	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
RESISTENCIA A LA COMPRESION	GENERAL	,223	3	.	,985	3	,765
	(-)	,176	3	.	1,000	3	,987
	(+)	,285	3	.	,933	3	,498
	PROMEDIO	,299	3	.	,915	3	,433
RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA	GENERAL	,290	3	.	,925	3	,472
	(-)	,345	3	.	,839	3	,210
	(+)	,381	3	.	,759	3	,020
	PROMEDIO	,197	3	.	,996	3	,873
RESISTENCIA A LA FLEXION	GENERAL	,351	3	.	,828	3	,183
	(-)	,243	3	.	,972	3	,680
	(+)	,313	3	.	,895	3	,370
	PROMEDIO	,210	3	.	,991	3	,821

Fuente: elaboración propia

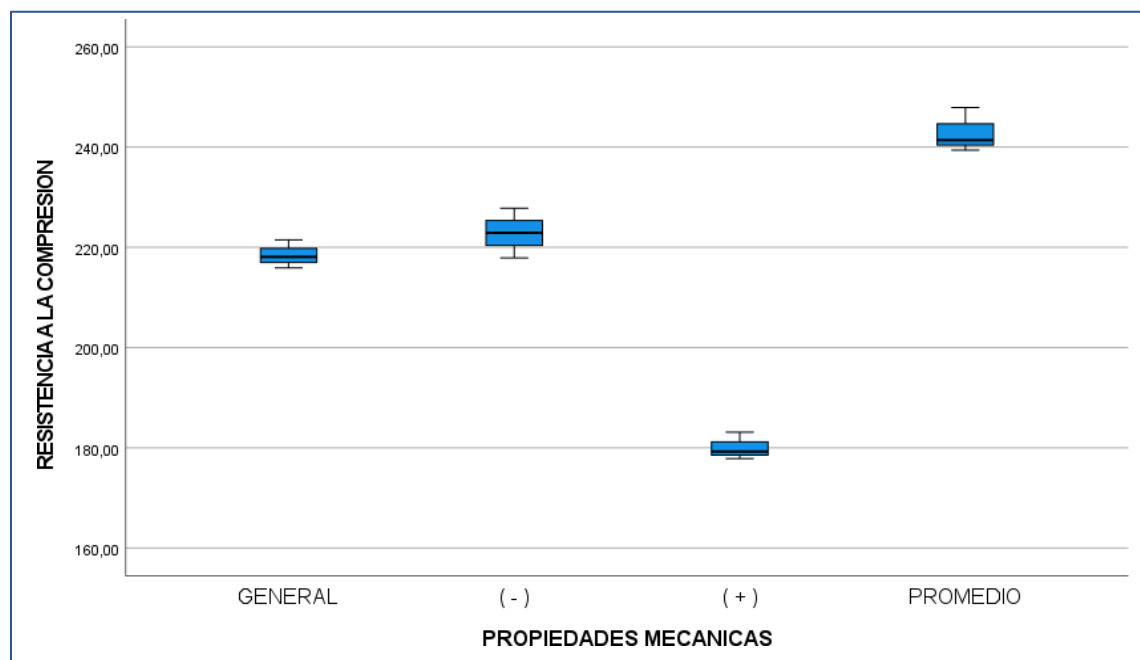
De acuerdo a la tabla 35 la prueba de normalidad nos arroja datos mayores al 5%, entonces para la contratación de hipótesis se tendrá que utilizar la correlación de Pearson, así mismo, este se complementará con el método de ANOVA de un factor y pruebas multivariabiles POS HOC de Tukey.

Tabla 36: Correlación de Pearson resistencia a la compresión

		GENERA L	PATRON_ MENOS	PATRON_ MAS	PROMEDIO
GENERAL	Correlación de Pearson	1	,396	-,616	,985
	Sig. (bilateral)		,741	,578	,002
	N	3	3	3	3
PATRON_MEN OS	Correlación de Pearson	,396	1	-,967	,232
	Sig. (bilateral)	,741		,163	,051
	N	3	3	3	3
PATRON_MAS	Correlación de Pearson	-,616	-,967	1	-,470
	Sig. (bilateral)	,578	,163		,288
	N	3	3	3	3
PROMEDIO	Correlación de Pearson	,985	,232	-,470	1
	Sig. (bilateral)	,002	,051	,288	
	N	3	3	3	3

Fuente: elaboración propia

Gráfico 20: Comparación de las muestras en el ensayo resistencia a la compresión



Fuente: Elaboración propia.

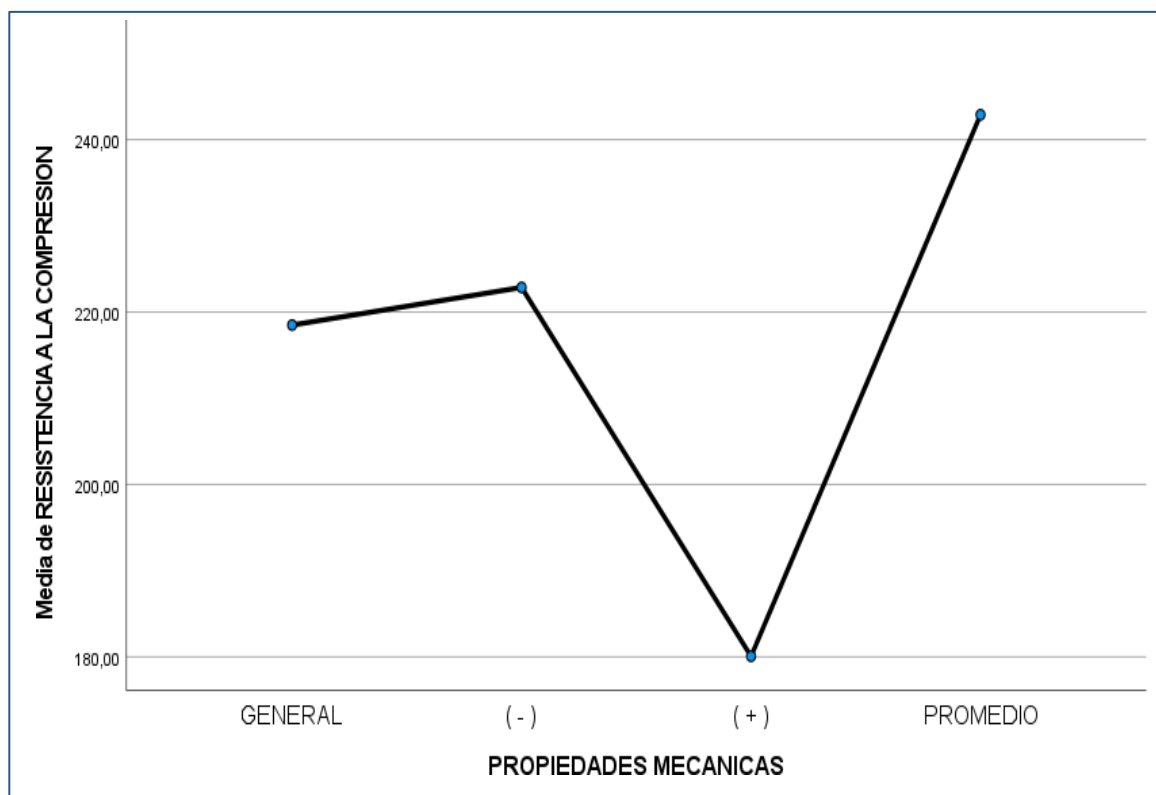
De acuerdo a este análisis determinamos que el índice de significancia es menor al 5% en la muestra promedio vs la muestra patrón general, definiendo que si hay una diferencia significativa en el mejoramiento de la resistencia a la compresión del concreto.

Tabla 37: Prueba T de una muestra resistencia a la compresión

	Valor de prueba = 210					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
GENERAL	5,218	2	,035	8,50000	1,4914	15,5086
PATRON_MENOS	4,494	2	,046	12,87000	,5484	25,1916
PATRON_MAS	-18,962	2	,003	-29,93000	-36,7212	-23,1388
PROMEDIO	12,823	2	,006	32,90000	21,8603	43,9397

Fuente: elaboración propia

Gráfico 21: Comportamiento de las muestras en el ensayo resistencia a la compresión



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38: ANOVA de un factor resistencia a la compresión

(I) PROPIEDADES MECANICAS	(J) PROPIEDADES MECANICAS	Diferencia de medias (I- J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
GENERAL	(-)	-4,37000	3,15665	,541	-14,4787	5,7387
	(+)	38,43000*	3,15665	,000	28,3213	48,5387
	PROMEDIO	-24,40000*	3,15665	,000	-34,5087	-14,2913
(-)	GENERAL	4,37000	3,15665	,541	-5,7387	14,4787
	(+)	42,80000*	3,15665	,000	32,6913	52,9087
	PROMEDIO	-20,03000*	3,15665	,001	-30,1387	-9,9213
(+)	GENERAL	-38,43000*	3,15665	,000	-48,5387	-28,3213
	(-)	-42,80000*	3,15665	,000	-52,9087	-32,6913
	PROMEDIO	-62,83000*	3,15665	,000	-72,9387	-52,7213
PROMEDIO	GENERAL	24,40000*	3,15665	,000	14,2913	34,5087
	(-)	20,03000*	3,15665	,001	9,9213	30,1387
	(+)	62,83000*	3,15665	,000	52,7213	72,9387

Fuente: elaboración propia

Tabla 39: Descriptivos resistencia a la compresión

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% de intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
GENERAL	3	218,5000	2,82135	1,62891	211,4914	225,5086	215,90	221,50
(-)	3	222,8700	4,96012	2,86373	210,5484	235,1916	217,89	227,81
(+)	3	180,0700	2,73384	1,57839	173,2788	186,8612	177,84	183,12
PROMEDIO	3	242,9000	4,44410	2,56580	231,8603	253,9397	239,40	247,90
Total	12	216,0850	23,97641	6,92139	200,8511	231,3189	177,84	247,90

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a los análisis anteriores mediante la correlación de Pearson, la prueba de T de una muestra y ANOVA de un factor, nos arroja datos mayores al 5% para las muestras (-) y (+) y para la muestra patrón promedio nos arroja

menor al 5% definiendo que rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna.

4.3.4. Prueba de Hipótesis Específico 03

Ho: La resistencia a la tracción indirecta no mejorara con la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022.

Ha: La resistencia a la tracción indirecta mejorara con la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022.

Tabla 40: *Correlación de Pearson resistencia a la tracción indirecta*

		GENERAL	PATRON MENOS	PATRON MAS	PROMEDIO
GENERAL	Correlación de Pearson	1	,614	-,689	-,978
	Sig. (bilateral)		,579	,516	,134
	N	3	3	3	3
PATRON_MENOS	Correlación de Pearson	,614	1	-,995	-,765
	Sig. (bilateral)	,579		,063	,446
	N	3	3	3	3
PATRON_MAS	Correlación de Pearson	-,689	-,995	1	,825
	Sig. (bilateral)	,516	,063		,383
	N	3	3	3	3
PROMEDIO	Correlación de Pearson	-,978	-,765	,825	1
	Sig. (bilateral)	,134	,446	,383	
	N	3	3	3	3

Fuente: elaboración propia

Tabla 41: ANOVA de un factor resistencia a la tracción indirecta

(I) PROPIEDADES MECANICAS	(J) PROPIEDAD ES MECANICAS	Diferencia de medias (I- J)	Erro r están dar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Lím ite infer ior	Límite superior
GENERAL	(-)	1,93667	23,57091	1,000	-73,5457	77,4190
	(+)	-28,30333	23,57091	,643	-103,7857	47,1790
	PROMEDIO	1,35333	23,57091	1,000	-74,1290	76,8357
(-)	GENERAL	-1,93667	23,57091	1,000	-77,4190	73,5457
	(+)	-30,24000	23,57091	,597	-105,7224	45,2424
	PROMEDIO	-,58333	23,57091	1,000	-76,0657	74,8990
(+)	GENERAL	28,30333	23,57091	,643	-47,1790	103,7857
	(-)	30,24000	23,57091	,597	-45,2424	105,7224
	PROMEDIO	29,65667	23,57091	,611	-45,8257	105,1390
PROMEDIO	GENERAL	-1,35333	23,57091	1,000	-76,8357	74,1290
	(-)	,58333	23,57091	1,000	-74,8990	76,0657
	(+)	-29,65667	23,57091	,611	-105,1390	45,8257

Fuente: elaboración propia

Tabla 42: Descriptivos resistencia a la tracción indirecta

	N	Medi a	Desviaci ón estánd ar	Erro r están dar	95% de intervalo de confianza para la media		Mínim o	Máxi mo
					Límite inferior	Lími te super ior		
GENERAL	3	21,406 7	,30665	,17704	20,6449	22,1684	21,16	21,75
(-)	3	19,470 0	,40951	,23643	18,4527	20,4873	19,00	19,75
(+)	3	49,710 0	57,73248	33,33186	-93,7054	193,1254	15,77	116,37
PROMEDI O	3	20,053 3	,47606	,27485	18,8707	21,2359	19,56	20,51
Total	12	27,660 0	27,98991	8,07999	9,8761	45,4439	15,77	116,37

Fuente: elaboración propia

DECISIÓN: De acuerdo al análisis realizado para la resistencia a la tracción indirecta de las 4 muestras ensayadas, tenemos datos mayores a nuestro p valor, que es el 5% de error, definiendo que nuestro datos para la resistencia a la tracción indirecta no tiene correlación, así mismo, concluye do que aceptamos la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna.

4.3.5. Prueba de Hipótesis Específico 04

Ho: La resistencia a la flexión no mejorara con la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022.

Ha: La resistencia a la flexión mejorara con la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022.

Tabla 43: *Correlación de Pearson resistencia a la flexión*

		GENERA L	PATRON_MENOS	PATRON_MAS	PROM.
GENERAL	Correlación de Pearson	1	,072	-,958	,945
	Sig. (bilateral)		,954	,184	,213
	N	3	3	3	3
PATRON_MENOS	Correlación de Pearson	,072	1	-,353	-,259
	Sig. (bilateral)	,954		,770	,833
	N	3	3	3	3
PATRON_MAS	Correlación de Pearson	-,958	-,353	1	-,812
	Sig. (bilateral)	,184	,770		,397
	N	3	3	3	3
PROMEDIO	Correlación de Pearson	,945	-,259	-,812	1
	Sig. (bilateral)	,213	,833	,397	
	N	3	3	3	3

Fuente: elaboración propia

Tabla 44: ANOVA de un factor resistencia a la flexión

(I) PROPIEDADES MECANICAS	(J) PROPIEDADES MECANICAS	Diferencia de medias (I- J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
GENERAL	(-)	10,66667*	1,18940	,000	6,8578	14,4755
	(+)	19,86000*	1,18940	,000	16,0511	23,6689
	PROMEDIO	6,88667*	1,18940	,002	3,0778	10,6955
(-)	GENERAL	-10,66667*	1,18940	,000	-14,4755	-6,8578
	(+)	9,19333*	1,18940	,000	5,3845	13,0022
	PROMEDIO	-3,78000	1,18940	,052	-7,5889	,0289
(+)	GENERAL	-19,86000*	1,18940	,000	-23,6689	-16,0511
	(-)	-9,19333*	1,18940	,000	-13,0022	-5,3845
	PROMEDIO	-12,97333*	1,18940	,000	-16,7822	-9,1645
PROMEDIO	GENERAL	-6,88667*	1,18940	,002	-10,6955	-3,0778
	(-)	3,78000	1,18940	,052	-,0289	7,5889
	(+)	12,97333*	1,18940	,000	9,1645	16,7822

Fuente: elaboración propia

Tabla 45: Descriptivos resistencia a la flexión

	N	Medi a	Desviació n estándar	Error estándar	95% de intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Lím ite infer ior	Límite superior		
GENERAL	3	46,243 3	1,30791	,75512	42,9943	49,4924	44,74	47,12
(-)	3	35,576 7	2,36826	1,36731	29,6936	41,4597	33,47	38,14
(+)	3	26,383 3	,65010	,37534	24,7684	27,9983	25,89	27,12
PROMEDI O	3	39,356 7	,86379	,49871	37,2109	41,5024	38,45	40,17
Total	12	36,890 0	7,59203	2,19163	32,0663	41,7137	25,89	47,12

Fuente: elaboración propia

DECISIÓN: De acuerdo al análisis realizado para la resistencia a la flexión de las 4 muestras ensayadas, tenemos datos mayores a nuestro p valor,

que es el 5% de error, definiendo que nuestro datos para la resistencia a la flexión no tiene correlación, así mismo, concluye do que aceptamos la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna.

4.4. Discusión de resultados

Según los autores, (Heredia Cisterna & Pérez Pérez, 2018), en su tesis intitulada “Análisis y evaluación del concreto ligero como concreto estructural usando como adición controlada poliestireno expandido modificado (MEPS) aplicado a una losa unidireccional para fines habitacionales”, menciona que al adicionar el 20% del MEPS con respecto al peso del cemento, obtiene una densidad de 1839 kg/m³, la cual ya es considerado concreto ligero, en nuestro caso al adicionar 6 kg/m³ de ceniza de bagazo de caña de azúcar con respecto al cemento y las esferas de poliestireno en 50% con respecto al agregado grueso obtenemos un peso unitario de 1883.36 kg/m³.

De acuerdo al autor, Monje Paredes, (2022), en su tesis intitulada “Estudio Comparativo de las Propiedades Físico Mecánicas del Concreto Ligero en Tabiquería Utilizando Aditivo Espumante y Aserrín, Puno 2022” menciona que agregando 5% de aserrín para su aplicación en muros no portantes en la ciudad de puno: teniendo los resultado: del promedio de un peso unitario de 1836Kg/m³, en nuestro caso al adicionar 6 kg/m³ de ceniza de bagazo de caña de azúcar con respecto al cemento y las esferas de poliestireno en 50% con respecto al agregado grueso obtenemos un peso unitario de 1883.36 kg/m³.

CONCLUSIONES

- De acuerdo a los datos analizados se pudo comprobar que se obtuvo el diseño de mezcla óptimo con la adición de 6 kg/m^3 de ceniza de bagazo de caña de azúcar con respecto al cemento y las esferas de poliestireno en 50% con respecto al agregado grueso este llamado diseño patrón promedio.
- De acuerdo a los datos procesados si tenemos una buena relación de las muestras ensayadas ya que, se mejoró el peso unitario para concreto ligero adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar en 6 kg/m^3 con respecto al cemento y las esferas de poliestireno en 50% con respecto al agregado grueso, así mismo, el peso unitario del concreto patrón general es 2453.99 kg/m^3 y la muestra del patrón promedio 1883.36 kg/m^3 , este último siendo el más óptimo en la resistencia a la compresión.
- La determinación de la resistencia a la compresión en la fabricación de concreto ligero estructural adicionando cenizas de bagazo de caña de azúcar, fue de buena impresión ya que adicionando 6 kg/m^3 de ceniza de bagazo de caña de azúcar con respecto al cemento y las esferas de poliestireno en 50% con respecto al agregado grueso, se obtuvo una resistencia a la compresión de 242.90 kg/cm^2 siendo un 12% de más con respecto al diseño patrón general.
- La determinación de la resistencia a la tracción indirecta en la fabricación de concreto ligero estructural adicionando cenizas de bagazo de caña de azúcar, no fue tan buena ya que en las tres dosificaciones la dosificación que más se acercó fue el patrón promedio con dosificación de 6 kg/m^3 de ceniza de bagazo de caña de azúcar con respecto al cemento y las esferas de poliestireno en 50% con respecto al agregado grueso, se obtuvo una resistencia a la tracción indirecta de 96% siendo un 6% por debajo con respecto al diseño patrón general.

- La determinación de la resistencia a la flexión en la fabricación de concreto ligero estructural adicionando cenizas de bagazo de caña de azúcar, no fue tan buena ya que en las tres dosificaciones la dosificación que más se acercó fue el patrón promedio con dosificación de 6 kg/m³ de ceniza de bagazo de caña de azúcar con respecto al cemento y las esferas de poliestireno en 50% con respecto al agregado grueso, se obtuvo una resistencia a la flexión de 39.36 KN siendo 6.89 KN por debajo con respecto al diseño patrón general.

RECOMENDACIONES

- Tener en cuenta que al utilizar una proporción promedio de ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustitución parcial del agregado fino aumenta la resistencia esperada de un concreto estructural ligero
- Se recomienda tamizar la ceniza de bagazo de caña de azúcar por la malla N°100 para así tener un agregado más trabajable y que se asemeje al cemento.
- Impulsar nuevas investigaciones sobre residuos agrícolas que contengan materiales cementantes, mejor aún con las cenizas de estos ya que son altos en sílice.
- Se recomienda estudiar las cenizas de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno en otras dosificaciones y adicionando aditivos acelerantes como también aditivos que puedan interferir en las propiedades mecánicas del concreto.

BIBLIOGRAFÍA

- Córdova, F., & Gastón, M. (S. F.). Autor: Pastor Simón, Hary Hernando.
- Dhengare, S. W., Amrodiya, S., Shelote, M., Asati, A., Bandwal, N., Khangan, A., & Jichkar, R. (2015). Utilization Of Sugarcane Bagasse Ash As A Supplementary Cementitious Material In Concrete And Mortar-A Review.
- Evaluación del Comportamiento de Cenizas Volantes Obtenidas del Bagazo de Caña de Azúcar como Sustitución Parcial del Cemento en el Diseño de Mezclas de Concreto de Resistencias Altas. (2009).
- Frías, M., Villar-Cociña, E., & Valencia-Morales, E. (2007). Characterisation of sugar cane straw waste as pozzolanic material for construction: Calcining temperature and kinetic parameters. *Waste Management*, 27(4), 533-538.
- Heredia Cisterna, E. A., & Pérez Pérez, J. S. (2018). “Análisis y evaluación del concreto ligero como concreto estructural usando como adición controlada poliestireno expandido modificado (MEPS) aplicado a una losa unidireccional para fines habitacionales”. Chimbote – Perú.
- Monje Paredes, W. J. (2022). Estudio Comparativo de las Propiedades Físico Mecánicas del Concreto Ligero en Tabiquería Utilizando Aditivo Espumante y Aserrín, Puno 2022. Chimbote – Perú.
- (PDF) Uso de mezclas de escoria/ceniza de bagazo de caña de azúcar (SCBA) en la producción de materiales activados por álcali. (s. f.). Recuperado 2 de febrero de 2023, de https://www.researchgate.net/publication/276039463_Use_of_SlagSugar_Cane_Bagasse_Ash_SCBA_Blends_in_the_Production_of_Alkali-Activated_Materials

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO.pdf. (s. f.).

Álvarez Fiestas, M. A., & Meca Oviedo, I. E. (2019). Diseño de Unidades de Albañilería de Concreto Liviano a Base de Poliestireno Expandido, Piura 2018.

Bhosale, A., P, N. P., Pradip, S., & David, R. (2020). propiedades mecánicas y físicas de la mampostería de bloques de concreto liviano celular.

Chávez Ancajima, J. S., & Laban Julca, W. H. (2020). Diseño de unidades de albañilería de concreto ligero a base de aserrín para uso en muros no portantes de una vivienda en el Distrito de Piura. Piura. 2020.

Izquierdo Cárdenas, M. I., & Ortega Rivera, O. E. (2017). Desarrollo y aplicación del concreto celular a base de aditivo espumante para la elaboración de bloques macizos destinados a tabiquerías no portantes en edificaciones.

ANEXOS

Instrumentos de Recolección de Datos

Límites de granulometría según el ASTM

MALLA		% QUE PASA EL ACUMULATIVO
3/8"	9.5mm	100
Nº 4	4.75mm	95 a 100
Nº 8	2.36mm	80 a 100
Nº 16	1.18mm	50 a 85
Nº 30	600 µm	25 a 60
Nº 50	300 µm	10 a 30
Nº 100	150 µm	2 a 10

Ensayos físicos obligatorios y opcionales de las normas ASTM para muestras de cemento

Ensayos Químicos ASTM C 114	ASTM C 150	ASTM C 595	ASTM C 845	ASTM C 1157
Dióxido de silicio (SiO ₂), %	√	-	-	-
Óxido de calcio (CaO), %	√	-	-	-
Trióxido de hierro (Fe ₂ O ₃), %	√	-	-	-
Trióxido de aluminio (Al ₂ O ₃), %	√	-	-	-
Trióxido de azufre (SO ₃), %	√	√	-	-
Óxido de magnesio (MgO), %	√	√	√	-
Residuo Insoluble, %	√	√	√	-
Pérdida por Ignición, %	√	√	√	-
Grupo R ₂ O ₃ , %	-	-	-	-
Óxido de sodio (Na ₂ O), %	√	-	-	-
Óxido de potasio (K ₂ O), %	√	-	-	-
Álcalis (Na ₂ O + 0.658 K ₂ O), %	√	-	√	-
Cal libre (%)	x	-	-	-
Cloruros (Cl ⁻), %	-	-	-	-
Fósforo (P ₂ O ₅), %	√	-	-	-
Dióxido de carbono (CO ₂), %	√	-	-	-
Silicato tricálcico (C ₃ S), %	√	-	-	-
Silicato bicálcico (C ₂ S), %	√	-	-	-
Aluminato tricálcico (C ₃ A), %	√	-	-	-
Aluminato ferrita tetracálcica (C ₄ AF), %	√	-	-	-

PANEL FOTOGRAFICO



FOTO N°6

FOTO °7



FOTO N°11.12.13.14.15

En las imágenes se puede observar el tamizado de los materiales.



FOTO N°16,17,18

En las imágenes observamos la realización del ensayo para la determinación del peso unitario.



FOTO N°19.20.21

En las imágenes observamos el curado de los especímenes de concreto con las diferentes proporciones de adición de CBCA y convencional



FOTO N°22,23

En las imágenes observamos la rotura de los especímenes de concreto.

ENSAYO DE
RESISTENCIA A
COMPRESION



FOTO 24.25

En las imágenes se observa la utilización de bolas de Tecnopor para la fabricación de CBCA del concreto

Matriz de Consistencia

TÍTULO: Fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022						
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSION	INDICADORES	METODOLOGIA
Problema General	Objetivo General	Problema General	Variable D.			METODO
¿Cómo será el diseño en la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022?	Determinar el diseño en la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022.	Se tendrá el diseño óptimo en la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022.	Fabricación de concreto ligero estructural.	Propiedades físicas y mecánicas del concreto	Peso unitario del concreto (kg/m ³) Consistencia (plg) Temperatura °C Resistencia a la Compresión (kg/cm ²) Resistencia a la Compresión (kg/cm ²) Resistencia a la tracción indirecta (kg/cm ²) Resistencia a la flexión (kn)	DE INVESTIGACION: Científico DISEÑO E INVESTIGACION: Experimental TIPO
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos	Variable I.			E INVESTIGACION: Aplicada ENFOQUE
¿Cuál será el peso unitario con la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022?	Determinar el peso unitario con la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022	El peso unitario será el adecuado con la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022			Ceniza de bagazo de caña de azúcar: 3 kg/m ³ , 6 kg/m ³ , 9kg/m ³	DE INVESTIGACION: Cuantitativo NIVEL
¿Cuál será la resistencia a la compresión con la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022?	Determinar la resistencia a la compresión con la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022	La resistencia a la compresión mejorará con la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022	Ceniza de bagazo de caña de azúcar. Esferas de poliestireno	Dosificación	Esferas de poliestireno: 40%, 50% y 60%	E INVESTIGACION: Explicativa POBLACION: 108 muestras

<p>¿Cuál será la resistencia a la tracción indirecta con la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022?</p>	<p>Determinar la resistencia a la tracción indirecta con la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022</p>	<p>La resistencia a la tracción indirecta mejorara con la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022</p>				<p>MUESTRA: 36 probetas para resistencia a la compresión 36 probetas para resistencia a la tracción indirecta 36 Vigas para resistencia ala flexión.</p>
<p>¿Cuál será la resistencia a la flexión con la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022?</p>	<p>Determinar la resistencia a la flexión con la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022</p>	<p>La resistencia a la flexión mejorara con la fabricación de concreto ligero estructural adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y esferas de poliestireno - Región Pasco 2022</p>				

FUENTE: Elaboración Propia