



**Universidad
Popular del Cesar**
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA



www.unicesar.edu.co


Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380

**EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LA CENIZA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR
EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO**

AUTOR (ES):

JOSE MANUEL ADARRAGA REDONDO
LUZ ADRIANA MORENO MURILLO



**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR - CESAR
2022**

www.unicesar.edu.co

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380

**EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LA CENIZA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR
EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO**

AUTOR (ES):

JOSE MANUEL ADARRAGA REDONDO
LUZ ADRIANA MORENO MURILLO

DIRECTOR:

EBERTO RAFAEL ORTEGA SINNING

ASESOR:

ANGELICA PATRICIA VANEGAS PADILLA

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR – CESAR
2022**

www.unicesar.edu.co

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380

Dedicatoria

Este trabajo se lo dedico en primer lugar a Dios por estar siempre a mi lado dándome todo lo que necesité en todo sentido paciencia, sabiduría y fuerza de voluntad, a mi madre que siempre me ha cuidado desde el cielo. A mi hermano, Iván José Adarraga Redondo por ser mi motor más grande y por apoyarme siempre en cada pasó que he dado en la vida y en este proyecto. A mi tía, Nuris del Carmen Redondo Bertel por ser esa madre perfecta que Dios me regalo, por enseñarme buenos valores y criarme con todo el amor que una madre puede darle a un hijo y estar siempre apoyándome en este proceso. A mi hermana, María de los Ángeles Céspedes Redondo por estar siempre a mi lado apoyándome en este proceso y ser esa hermana amorosa e incondicional y se lo dedico a todas las personas que creyeron en mí y siempre me han apoyado pase lo que pase. – **Jose Manuel Adarraga Redondo**

Este triunfo se lo dedico principalmente a Dios, porque es quien nos tiene con vida, a mi familia y sobre todo a mi mamá porque ella en todo momento creyó en mí y me apoyo para seguir adelante antes todas las adversidades y finalmente, me lo dedico a mí misma, porque me demostré que cuando uno realmente quiere salir adelante, hace lo imposible para lograrlo. – **Luz Adriana Moreno Murillo**



Agradecimientos

En primera instancia dar gracias a Dios que jamás se ha apartado de mi lado y siempre me ha guiado por el camino correcto según su voluntad, gracias a Él que me ha dado la fuerza para cumplir cada meta que me he trazado. Agradezco a mi familia por siempre estar pendiente de mi proceso, a mi compañera de proyecto Luz Adriana Moreno Murillo por su esfuerzo y apoyo codo a codo en este proyecto, a mis amigos(as) que han aportado en gran manera a la realización de este proyecto por sus consejos y apoyo incondicional Paola Bonilla, Cristina Armenta, Yamil Vega; agradezco a nuestro director de tesis el ingeniero Eberto Rafael Ortega Sinning y nuestra codirectora la ingeniera Angélica Patricia Vanegas Padilla por aceptar este proyecto y guiarnos de la mejor manera en esta tesis, a nuestra institución que nos acogió y nos permitió crecer formándonos como profesionales de bien, con valores y dedicados. – **Jose Manuel Adarraga Redondo**

Primeramente, agradecerle a Dios, por darme una oportunidad de vida para lograr una meta de tantas. Gracias a mi familia, especialmente a mi mamá, que estuvo desde principio a fin en mi carrera, que sin la ayuda de ella no hubiera llegado hasta donde estoy. Gracias a mi compañero, amigo y colega José Manuel, por ser paciente conmigo durante el proceso de la tesis, al ingeniero Eberto Ortega, por ser participe en este momento y al sr Benigno por ofrecer sus instalaciones de hornos ladrilleros para realizar nuestra materia prima y al operario Yonni por ser paciente y ayudarnos a ejecutar la materia prima. – **Luz Adriana Moreno Murillo**



Resumen

El presente estudio se llevó a cabo con la finalidad de evaluar la efectividad de la ceniza del bagazo de caña de azúcar (CBCA) en la resistencia a la compresión del concreto, reemplazando en las mezclas de concreto diferentes porcentajes de cemento (5%, 10% y 15%) por CBCA y comparando cada resultado con una mezcla patrón, es decir, sin contenido de ceniza. Se realizaron análisis químicos e investigaciones teóricas para caracterizar la CBCA según la NTC 3493, de igual forma se realizaron ensayos a los materiales del diseño para la elaboración de las mezclas de concreto; se hicieron cilindros de dimensiones 6x12" con la finalidad de someterlos a ensayos de resistencia a la compresión según la norma INV-E-410 a los 7, 14 y 28 días de su elaboración.

Como resultado, todos los especímenes cumplieron con la resistencia mínima de diseño (3000 psi), sin embargo, con un reemplazo de 5% con CBCA se obtuvo un aumento en la resistencia de un 12,5% con relación a la muestra patrón, un aumento del 16,4% con relación a la resistencia de diseño y una disminución del precio por psi en relación con la mezcla patrón y las demás mezclas con CBCA, definiendo así que el 5% de reemplazo de cemento por CBCA es la mejor opción de reemplazo.

Palabras claves: Cenizas, resistencia, concreto, curado, caña de azúcar.



Abstract

The present study was carried out with the purpose of evaluating the effectiveness of sugarcane bagasse ash (CBCA) in the compressive strength of concrete, replacing different percentages of cement in concrete mixtures (5%, 10 % and 15%) by CBCA and comparing each result with a standard mixture, that is, without ash content. Chemical analyzes and theoretical investigations were carried out to characterize the CBCA to classify them according to NTC 3493, in the same way tests were carried out on the design materials for the preparation of concrete mixtures; 6x12" cylinders were made in order to submit them to compressive strength tests according to the INV-E-410 standard at 7, 14 and 28 days of curing.

As a result, all the specimens met the minimum design resistance (3000 psi), however, with a 5% replacement with CBCA, an increase in resistance of 12.5% was obtained in relation to the standard sample, a increase of 16.4% in relation to the design resistance and a decrease in the price per psi in relation to the standard mixture and the other mixtures with CBCA, thus defining that 5% replacement of cement by CBCA as the best option for replacement.

Keywords: Ashes, resistance, concrete, cured, sugar cane.



Tabla de contenido

Introducción	1
1. Planteamiento del Problema.....	2
1.1. Formulación del Problema.....	3
2. Justificación	3
3. Objetivos	4
3.1. Objetivo General.....	4
3.2. Objetivos Específicos	4
4. Marco Referencial.....	5
4.1. Antecedentes	5
4.2. Marco Teórico	9
4.2.1. Caña de Azúcar.....	10
4.2.2. Bagazo de la Caña de Azúcar	12
4.2.3. Celulosa.....	13
4.2.4. Concreto.....	14
4.2.5. Cemento	18
4.2.6. Agregados.....	19
4.2.7. Agua de Mezcla.....	22
4.2.8. Diseño de Mezcla.....	24
4.2.9. Elaboración de Cilindro.....	25
4.3. Marco Conceptual	29
4.4. Marco Contextual	31
4.5. Marco Legal	32
5. Marco Metodológico.....	33
5.1. Línea y Sublínea de la Investigación.....	34
5.2. Tipo de Investigación	34
5.3. Nivel de Investigación	34



5.4.	Población de Estudio	34
5.5.	Muestra Poblacional	35
5.6.	Diseño de la Investigación	36
5.7.	Desarrollo Metodológico	37
5.7.1.	<i>Etapa 1: Caracterización de las Cenizas del Bagazo de Caña de Azúcar</i>	<i>37</i>
5.7.2.	<i>Etapa 2: Diseño de Mezclas de Concreto de 3000 PSI Sustituyendo el Cemento por Cenizas de Bagazo de Caña de Azúcar, con Diferentes Porcentajes de Ceniza (5%, 10% y 15%)</i>	<i>46</i>
5.7.3.	<i>Etapa 3: Elaboración de los Cilindros con los Diferentes Porcentajes de Ceniza y una sin la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar Como Muestra de Comparación.</i>	<i>57</i>
6.	Resultados y Análisis de Resultados	80
6.1.	Análisis Químico de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar	80
6.2.	Análisis de la Caracterización Química Según Distintos Autores	81
6.3.	Análisis de Granulométrico de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar	82
6.4.	Análisis de Granulométrico del Agregado Fino	83
6.5.	Análisis de Granulométrico del Agregado Grueso	85
6.6.	Peso Específico del Agregado Fino	86
6.7.	Peso Específico del Agregado Grueso	87
6.8.	Análisis del Diseño experimental	88
6.8.1.	<i>Regresión Factorial General</i>	<i>89</i>
6.8.2.	<i>ANOVA de un Solo Factor: 7 días vs %Cemento reemplazado</i>	<i>90</i>
6.8.3.	<i>ANOVA de un Solo Factor: 14 días vs %Cemento reemplazado</i>	<i>93</i>
6.8.4.	<i>ANOVA de un Solo Factor: 28 días vs %Cemento reemplazado</i>	<i>95</i>
6.9.	Resistencia a la Compresión (f'c)	97
6.10.	Análisis de los Beneficios y Costos del Concreto con Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) Frente a un Concreto Convencional.	102

6.10.1. <i>Concreto Convencional en el Mercado Local</i>	102
6.10.2. <i>Análisis de costo en función a la resistencia del concreto</i>	102
7. CONCLUSIONES	107
8. BIBLIOGRAFIA	109

Lista de Tablas

Tabla 1. Promedio de la composición química de los tallos y de los jugos de la caña de azúcar.	11
Tabla 2. Composición Morfológica del bagazo	13
Tabla 3. Clasificación de los agregados según su masa unitaria.	21
Tabla 4. Límites de impurezas permitidos al agua de mezcla	23
Tabla 5. Requisitos para varillas compactadoras	26
Tabla 6. Norma para determinación de la densidad del cemento	27
Tabla 7. Norma para determinación de la densidad y absorción del agregado grueso	28
Tabla 8. Norma para determinación de la densidad y absorción del agregado fino	28
Tabla 9. Norma para determinación de la comprensión en cilindros de concreto	29
Tabla 10. Normatividad legal.....	32
Tabla 11. Valores para cálculo de muestra en poblaciones finitas	35
Tabla 12. Diseño experimental.....	36
Tabla 13. Georeferenciación de los puntos de muestreo	39
Tabla 14. Granulometría del agregado fino para concreto estructural	46
Tabla 15. Asentamientos recomendados para diversos tipos de construcción, sistemas de colocación y compactación	50
Tabla 16. Cantidad de agua recomendada, en kg por m ³ de concreto, para los tamaños máximos nominales indicados y de acuerdo al valor del asentamiento	51
Tabla 17. Desviación estándar según el control de calidad	52
Tabla 18. Volumen de agregado grueso compactado con varilla, por volumen de concreto para módulo de finura de la arena.....	54
Tabla 19. Cantidades para seis cilindros de 6x12 pulgadas – mezcla patrón.....	57
Tabla 20. Cantidades para seis cilindros de 6x12 pulgadas mezclas ajustadas	57

Tabla 21. Caracterización química de la Ceniza de bagazo de caña de azúcar	80
Tabla 22. Clasificación de aditivos minerales	80
Tabla 23. Análisis granulométrico de la ceniza de caña de azúcar.....	83
Tabla 24. Análisis granulométrico del agregado fino	84
Tabla 25. Análisis granulométrico del agregado grueso	85
Tabla 26. Franjas granulométricas de agregado grueso para concreto estructural	86
Tabla 27. Gravedad específica y masa unitaria del agregado fino	86
Tabla 28. Gravedad específica y masa unitaria del agregado grueso	87
Tabla 29. Diseño experimental.....	89
Tabla 30. Análisis de Varianza General	89
Tabla 31. Análisis de Varianza para 7 días	91
Tabla 32. Agrupación de los datos utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% - 7 días	91
Tabla 33. Análisis de varianza para 14 días.....	93
Tabla 34. Agrupación de los datos utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% - 14 días.....	94
Tabla 35. Análisis de varianza para 28 días	95
Tabla 36. Agrupación de los datos utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% (28 días).....	96
Tabla 37. Resistencia a la compresión de probetas del mismo tipo a diferentes edades	98
Tabla 38. Precios de concreto convencional en el departamento del Cesar.....	102
Tabla 39. Análisis de costos para el concreto convencional (muestra control)	103
Tabla 40. Análisis de costos para el concreto con 5% de CBCA.....	103
Tabla 41. Análisis de precios unitarios para el concreto reemplazando el 10% de cemento por CBCA.....	104
Tabla 42. Análisis de precios unitarios para el concreto reemplazando el 15% de cemento por CBCA.....	104
Tabla 43. Precio de 1 m ³ de concreto convencional frente a los concretos con sustitución del 5%, 10% y 15% CBCA y su respectiva resistencia a los 28 días.....	105

Lista de Figuras

Figura 1. <i>Marco teórico</i>	9
Figura 2. <i>Características de la calidad de la caña de azúcar</i>	10
Figura 3. <i>Fases, incluyendo al concreto utilizando cemento</i>	15
Figura 4. <i>Cemento</i>	18
Figura 5. <i>Localización del proyecto</i>	31
Figura 6. <i>Inspección de puntos de extracción de jugo de caña de azúcar</i>	38
Figura 7. <i>Puntos de recolección del bagazo de la caña de azúcar</i>	39
Figura 8. <i>Proceso de secado del bagazo</i>	40
Figura 9. <i>Almacenaje del bagazo</i>	40
Figura 10. <i>Localización de los hornos de ladrillos</i>	40
Figura 11. <i>Proceso de quema del bagazo</i>	41
Figura 12. <i>Residuos de ceniza posterior a la quema</i>	42
Figura 13. <i>Preparación de la muestra para tamizado</i>	43
Figura 14. <i>Análisis granulométrico de la ceniza</i>	44
Figura 15. <i>Determinación del contenido de humedad de la ceniza</i>	45
Figura 16. <i>Preparación de la muestra para peso específico del agregado fino</i>	47
Figura 17. <i>Determinación del peso específico el agregado fino</i>	48
Figura 18. <i>Peso específico del agregado grueso</i>	49
Figura 19. <i>Resistencia a la compresión vs relación A/C</i>	52
Figura 20. <i>Elaboración de la mezcla sin ceniza</i>	58
Figura 21. <i>Elaboración de cilindros sin ceniza</i>	59
Figura 22. <i>Elaboración de la mezcla con el 5% de ceniza</i>	59
Figura 23. <i>Elaboración de cilindros con el 5% de ceniza</i>	60
Figura 24. <i>Elaboración de la mezcla con el 10% de ceniza</i>	61
Figura 25. <i>Elaboración de cilindros con el 10% de ceniza</i>	61
Figura 26. <i>Elaboración de la mezcla con el 15% de ceniza</i>	62
Figura 27. <i>Elaboración de cilindros con el 15% de ceniza</i>	63
Figura 28. <i>Toma de datos – cilindros sin cenizas a los 7 días</i>	64
Figura 29. <i>Ensayo resistencia a la compresión - cilindros sin cenizas a los 7 días</i>	64
Figura 30. <i>Toma de datos – cilindros sin cenizas a los 14 días</i>	65

Figura 31. <i>Ensayo resistencia a la compresión - cilindros sin cenizas a los 14 días</i>	66
Figura 32. <i>Toma de datos – cilindros sin cenizas a los 28 días</i>	66
Figura 33. <i>Ensayo resistencia a la compresión - cilindros sin cenizas a los 28 días</i>	67
Figura 34. <i>Toma de datos – cilindros con 5% de ceniza a los 7 días</i>	68
Figura 35. <i>Ensayo resistencia a la compresión - cilindros con 5% de ceniza a los 7 días</i>	68
Figura 36. <i>Toma de datos – cilindros con 5% de ceniza a los 14 días</i>	69
Figura 37. <i>Ensayo resistencia a la compresión - cilindros con 5% de ceniza a los 14 días</i>	70
Figura 38. <i>Toma de datos – cilindros con 5% de ceniza a los 28 días</i>	70
Figura 39. <i>Ensayo resistencia a la compresión - cilindros con 5% de ceniza a los 28 días</i>	71
Figura 40. <i>Toma de datos – cilindros con 10% de ceniza a los 7 días</i>	72
Figura 41. <i>Ensayo resistencia a la compresión - cilindros con 10% de ceniza a los 7 días</i>	72
Figura 42. <i>Toma de datos – cilindros con 10% de ceniza a los 14 días</i>	73
Figura 43. <i>Ensayo resistencia a la compresión - cilindros con 10% de ceniza a los 14 días</i>	73
Figura 44. <i>Toma de datos – cilindros con 10% de ceniza a los 28 días</i>	74
Figura 45. <i>Ensayo resistencia a la compresión - cilindros con 10% de ceniza a los 28 días</i>	74
Figura 46. <i>Toma de datos – cilindros con 15% de ceniza a los 7 días</i>	75
Figura 47. <i>Ensayo resistencia a la compresión - cilindros con 15% de ceniza a los 7 días</i>	76
Figura 48. <i>Toma de datos – cilindros con 15% de ceniza a los 14 días</i>	76
Figura 49. <i>Ensayo resistencia a la compresión - cilindros con 15% de ceniza a los 14 días</i>	77
Figura 50. <i>Toma de datos – cilindros con 15% de ceniza a los 28 días</i>	77
Figura 51. <i>Ensayo resistencia a la compresión - cilindros con 15% de ceniza a los 28 días</i>	78
Figura 52. <i>Grafica del %pasa por el tamiz N°200 de la ceniza de bagazo de caña de azúcar</i> ...	83
Figura 53. <i>Grafica del %pasa por el tamiz N°200 del agregado fino</i>	84
Figura 54. <i>Grafica del %pasa por el tamiz N°200 del agregado grueso</i>	85
Figura 55. <i>Diagrama de Pareto de efecto estandarizado</i>	90
Figura 56. <i>Prueba de Tukey al 95% de confianza - 7 días</i>	92
Figura 57. <i>Grafica de intervalos de confianza 7 días vs %cemento reemplazado</i>	93
Figura 58. <i>Prueba de Tukey al 95% de confianza - 14 días</i>	94
Figura 59. <i>Grafica de intervalos de confianza 14 días vs %cemento reemplazado</i>	95
Figura 60. <i>Prueba de Tukey al 95% de confianza - 14 días</i>	96
Figura 61. <i>Grafica de intervalos de confianza 14 días vs %cemento reemplazado</i>	97

Figura 62. Grafica de resistencia a la compresión a los 7 días de su elaboración.....	98
Figura 63. Grafica de resistencia a la compresión a los 14 días de su elaboración.....	99
Figura 64. Grafica de resistencia a la compresión a los 28 días de su elaboración.....	100
Figura 65. Variación de la resistencia a la compresión ($f'c$) a sus diferentes edades	100
Figura 66. Precio COP sobre resistencia PSI a los 28 días.....	105

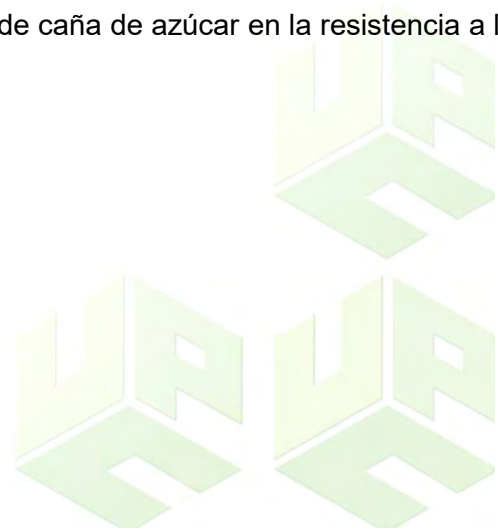


Introducción

A lo largo del tiempo se ha venido utilizando la caña de azúcar para la producción de productos como el azúcar, la panela, mieles, combustible vehicular (por la destilación de las mieles), generación de energía, entre otros. Debido a que en estas actividades de producción se generan distintos residuos sólidos, uno de ellos es la ceniza del bagazo de la caña, el cual se produce después de la quema del bagazo de la caña para la producción de energía. Estas cenizas generadas en el procesamiento de la caña de azúcar también pueden ser aprovechadas en diversas formas por las cualidades que esta posee, una de ellas es que presenta propiedades cementantes, lo que la hace una potencial opción para la fabricación del concreto.

El concreto es uno de los materiales de construcción más utilizados por la humanidad el cual se compone de cemento, agregados finos (arena), agregado grueso (gravas) y aguas; con propiedades de manejabilidad cuando se encuentra en estado líquido y con características de alta resistencia tanto a la flexión como a la compresión en su estado sólido. También se han venido implementando métodos para que el concreto obtenga propiedades únicas por medio de la inclusión de aditivos, los cuales son productos que se le agregan a los morteros (mezcla de cemento y agua) y/o concreto cuando se está en proceso de mezclado para mejorar o modificar propiedades como la resistencia, manejabilidad, fraguado, etc.

Lo expuesto anteriormente nos lleva a uno de los objetos principales de esta investigación el cual es evaluar la efectividad de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en la resistencia a la compresión del concreto.



1. Planteamiento del Problema

Para la fabricación del concreto se requiere materia prima como lo son el cemento, los agregados, agua y si lo requiere, aditivos; para la obtención de cada una se requieren ciertos procedimientos que logran afectar de forma negativa el ambiente.

El sitio web BRUT de México en el año 2019 hace referencia a tres (3) puntos claves en las cuales el concreto es negativo para el ambiente; el concreto necesita gran materia prima y esta es obtenida de los recursos de la tierra, dependiendo del tipo de concreto puede necesitar 35% de arena, 45% de gravilla, entre 10-12% de cemento y 10% de agua; para la construcción de edificaciones grandes, se utilizan casi tres mil (3000) toneladas de arena; para obtener esa cantidad de arena se debe realizar una extracción intensiva en las playas, minas, fondos de lagos y en los océanos, llegando a desestabilizar numerosos ecosistemas naturales e incluso llegando a destruir islas completas; de igual forma con el agua, se estima que en el 2050 el setenta y cinco por ciento (75%) de esta demanda se dará en zonas donde el agua podrá escasear; el concreto requiere demasiada energía para formarlo, este necesita piedra caliza, la cual se calienta a 1.400°C; dependiendo de los procesos que se necesita para la producción, se requerirán entre 60 a 130 kg de combustible y aproximadamente 110 kWh de electricidad y al fabricar concreto, este contribuye al calentamiento global, ya que una (1) tonelada de cemento produce más o menos una (1) tonelada de CO₂, y además contando el CO₂ producido por la extracción y transporte de los materiales.

Mientras, el bagazo de la caña de azúcar es conocido como un residuo generado después de la extracción del jugo de la caña, en la cual según Muñoz (2017) “La acumulación de dicho residuo puede generar un impacto negativo debido a su fácil combustión y tiempo de degradación”, ya que el tiempo de degradación comúnmente es de 30 días. Sabiendo esto se ve la problemática en las calles de la ciudad de Valledupar por la mala disposición de estos residuos generados por los vendedores ambulantes de jugo de caña de azúcar, los cuales tienden a dejar el bagazo en los andenes de donde suelen establecerse para proceder a la venta de su producto y esto a su vez produce malos olores.

1.1. Formulación del Problema

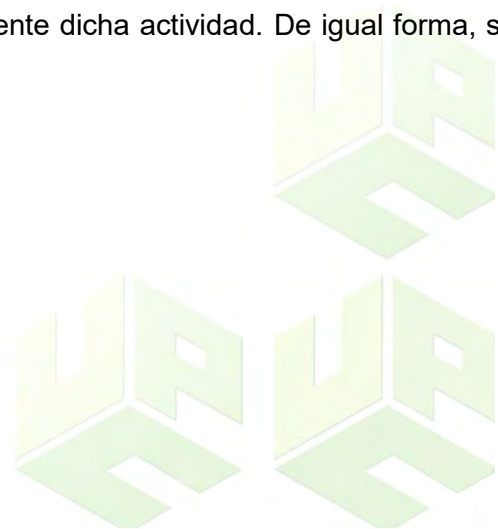
¿Cuál es la efectividad de la ceniza del bagazo de caña de azúcar en la resistencia a la compresión del concreto?

2. Justificación

Este proyecto es necesario debido al aprovechamiento del residuo sólido (bagazo) generado por la elaboración de jugo de caña de azúcar en la ciudad de Valledupar, el cual será incorporado a la mezcla de concreto en forma de ceniza para el aumento de la resistencia del mismo.

De esta manera se aportará también conocimiento sobre las propiedades beneficiosas que puede tener la ceniza del bagazo de la caña de azúcar como alternativa para la fabricación del concreto, dando un impacto positivo en el ambiente como en lo económico, ya que se van a utilizar los residuos que se generan después de la extracción del jugo de la caña y que al momento de fabricar el concreto se disminuirán los problemas ambientales generados.

Por otra parte, también se verán los beneficios en la economía debido a que los residuos generados por la extracción del jugo de la caña de azúcar son de fácil acceso, ya que son considerados residuos sólidos, carecen de un valor monetario y al ser utilizado como un sustituto parcial del cemento en la elaboración de este material de construcción, la cantidad de cemento utilizado será menor haciendo más viable económicamente dicha actividad. De igual forma, se espera que aporte propiedades benéficas al concreto.



3. Objetivos

3.1. Objetivo General

- Evaluar la efectividad de la ceniza del bagazo de caña de azúcar en la resistencia a la compresión del concreto.

3.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar las cenizas del bagazo de caña de azúcar
- Diseñar mezclas de concreto de 3000 psi sustituyendo el cemento por cenizas de bagazo de caña de azúcar, con diferentes porcentajes de ceniza (5%, 10% y 15%)
- Elaborar los cilindros con los diferentes porcentajes de ceniza y una sin ceniza de bagazo de caña de azúcar como muestra de comparación.
- Validar los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión pasados los 7, 14 y 28 días



4. Marco Referencial

4.1. Antecedentes

Pastor y Farfán (2018), desarrollaron la investigación titulada CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO. Con la finalidad de encontrar nuevas opciones para aumentar la resistencia a la compresión del concreto. Esta investigación se llevó acabo en 3 etapas las cuales fueron:

ETAPA 1: en esta fase de la investigación, los autores desarrollaron las dosificaciones de las mezclas con 20% y 40% de ceniza que sustituyeron al cemento. **ETAPA 2:** en segunda instancia los autores elaboraron los grupos de cilindros experimentales y los de control. **ETAPA 3:** por último, se realizaron las pruebas y el análisis de los resultados de dichas pruebas. Los productos de esta investigación fueron el realizar dos tipos de mezclas las cuales tenían el propósito de aumentar la resistencia a la compresión del concreto haciendo el reemplazo del 20% y 40% del cemento por la ceniza del bagazo de caña de azúcar. Los resultados de esta investigación no fueron positivos debido a que la resistencia del concreto con la ceniza estuvo por debajo de las muestras de control en un 59%. Los aportes directos al presente estudio son la confirmación de entre mayor sea el porcentaje sustituido de cemento en la mezcla de concreto menor será la resistencia. (PASTOR SIMON Y FARFÁN CORDOBA, 2018).

Pastor y Hary (2017), desarrollaron la investigación titulada EFECTO DE LA CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO, para optar por el título de ingeniero civil en la Universidad Cesar Vallejo, con la finalidad de conocer los efectos que tiene el agregar un porcentaje de ceniza de bagazo de caña de azúcar a la resistencia al concreto de 210 kg/cm². Esta investigación se llevó acabo en 4 etapas las cuales fueron:

ETAPA 1: en esta fase de la investigación, los autores realizaron la determinación de la resistencia a la compresión a los 7 y 28 días de las probetas y según la composición de ceniza. **ETAPA 2:** en segunda instancia los autores realizaron la medición del asentamiento del concreto según la composición de ceniza de caña de azúcar. **ETAPA 3:** en esta fase los autores realizaron la medición de la composición química de la ceniza del bagazo de caña de azúcar con el ensayo

de Espectrometría de energía dispersiva. **ETAPA 4:** por último se realizaron la medición de la adsorción capilar. Los productos de esta investigación fueron la realización de tres grupos de cilindros sin nada de adición de ceniza, con 20% de adición y con 40% de adición. Los resultados de esta investigación fueron que en el ensayo de resistencia a la compresión, en los primeros resultados obtenidos a los 7 días de su elaboración, las probetas estándar fueron comparadas con las probetas de prueba, no hubo diferencia alguna. Y según la prueba de Kruskal-Wallis para un tiempo de 7 días no existieron diferencias significativas entre los promedios. Las diferencias ocurrieron en las probetas de prueba de 28 días, dado que la ceniza de bagazo de caña de azúcar disminuyó la resistencia a la compresión de las probetas considerablemente. Utilizando también la prueba de Kruskal-Wallis nos arroja que si hubo diferencias significativas en los promedios. Los aportes directos a este estudio son en gran medida los ensayos de asentamiento, absorción a la capilaridad y la composición química de la ceniza del bagazo de caña de azúcar puesto que la resistencia disminuyó considerablemente con porcentaje de adición de 20% y 40%. (PASTOR Y HARY, 2017).

Duran y Velásquez (2016), desarrollaron la investigación titulada EVALUACIÓN DE LA APTITUD DE CONCRETOS, REEMPLAZANDO PARCIALMENTE EL CEMENTO PORTLAND POR CENIZAS VOLANTES Y CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR. Con la finalidad de evaluar la aptitud en cuanto a resistencia a la compresión de concretos diseñados reemplazando parcialmente el cemento portland tipo I por cenizas volantes y cenizas de bagazo de caña de azúcar. Esta investigación se llevó a cabo en cuatro etapas; estas fueron:

ETAPA 1: en esta fase de la investigación, los autores desarrollaron la determinación de la composición química y propiedades físicas de las cenizas en estudio para así clasificarlas de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana, NTC 3493 (ASTM C618). **ETAPA 2:** en segunda instancia los autores elaboraron la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de los concretos diseñados reemplazando parcialmente el cemento tradicional por cenizas volantes y cenizas de bagazo de caña de azúcar, para así determinar su resistencia y evaluar su calidad. **ETAPA 3:** en tercera instancia los autores realizaron la determinación del porcentaje óptimo de adición de ceniza volante y ceniza de bagazo de caña de azúcar de acuerdo a las propiedades físicas y mecánicas obtenidas de los concretos para dar recomendaciones de su posible uso. **ETAPA 4:** por último, establecieron la viabilidad económica en la producción de concretos

empleando cenizas volantes y cenizas de bagazo de caña de azúcar como reemplazo parcial del cemento portland. Los productos de esta investigación fueron dos tipos de concreto con cuatro muestras de porcentajes diferentes (5%, 10%, 15% y 20%) de sustitución del cemento para cada uno de ellos. Los resultados de la investigación fueron que se obtuvo que el porcentaje de adición óptimo es de 5% para ambas cenizas y se determinó que con un 10% de adición se logran altas resistencias. El aporte directo a este estudio son las dosificaciones más aproximadas en cuanto a porcentaje se refiere, pues es sugerencia para realizarlo con valores con diferencia de ± 5 unidades de porcentaje. Estudio pionero debido a que se está trabajando con un método de sustitución de una fracción de cemento por un material residual con propiedades puzolánicas como lo son cenizas volantes y de bagazo de caña de azúcar. (DURAN HERRERA y VELASQUEZ AMADO, 2016).

Coyasamin (2016), desarrollo la investigación titulada ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN TRADICIONAL, CON HORMIGÓN ADICIONADO CON CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ (CCA) Y HORMIGÓN ADICIONADO CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (CBC); para optar el título de ingeniero civil de la universidad técnica de Ambato, con la finalidad de identificar el material con características puzolánicas. Esta investigación se realizó en tres etapas; estas fueron:

ETAPA 1: en esta fase de la investigación, el autor desarrolló la evaluación de la resistencia del hormigón al realizar adiciones con cenizas de cascara de arroz y cenizas de bagazo de caña de azúcar. **ETAPA 2:** en segunda instancia el autor elaboró el análisis comparativo de la resistencia a compresión en hormigones con los materiales propuestos. **ETAPA 3:** por último, realizaron un análisis comparativo costo – beneficio de los hormigones realizados con las nuevas adiciones. Los productos de esta investigación fueron la elaboración de dos tipos de hormigón, uno con ceniza de cascara de arroz y otro con ceniza de bagazo de caña de azúcar, cada uno de los hormigones se le realizaron dos muestras con 15% y 30% de cenizas. Los resultados de la investigación fueron que la mezcla que se aproximó más a la resistencia establecida para un hormigón común de 240 kg/cm² es cuando se trabaja con el 15% de la sustitución parcial del cemento por las dos cenizas, los resultados son favorables ya que se obtiene una resistencia mayor a la establecida y con el 30% se obtiene una resistencia igual o de mayor valor en un 2% que la del hormigón normal. Los aportes directos a esta investigación

fueron un panorama más cercano a la dosificación más óptima de la sustitución de la ceniza del bagazo de caña de azúcar y el uso de la metodología. (COYASAMIN MALDONADO, 2016)

Martínez, Rodríguez, Esperanza y Leiva (2013), desarrollaron la investigación titulada CARACTERIZACION Y EVALUACION DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR COMO BIOSORBENTE DE HIDROCARBUROS, con la finalidad de conocer las características que posee el bagazo de la caña de azúcar como biosorbente de hidrocarburos. Esta investigación se llevó a cabo en 3 etapas las cuales fueron:

ETAPA 1: en esta fase de la investigación, los autores desarrollaron la caracterización del bagazo molido como: humedad, densidad real, densidad aparente, porosidad, flotabilidad y textura de las fibras. **ETAPA 2:** en segunda instancia los autores realizaron la determinación de las capacidades de porción con los hidrocarburos seleccionados. **ETAPA 3:** por último, se realizaron los análisis de los ensayos realizados en las dos etapas anteriores. Los productos de esta investigación fueron la realización de las pruebas con bagazo de caña de azúcar molido para determinación de biosorción de hidrocarburos. Los resultados de esta investigación fueron una remoción significativa de los indicadores de la contaminación: grasas y aceites (98,5%) e hidrocarburos totales (94,8%), por lo que se recomienda como relleno en columnas de lecho fijo para la remoción de hidrocarburos en aguas residuales. Los aportes directos al presente estudio fueron las características físicas y químicas del bagazo de caña de azúcar antes de ser incinerados, para que de esta manera se tenga un punto de comparación entre el bagazo y la ceniza de bagazo. (Martínez et al., 2013)

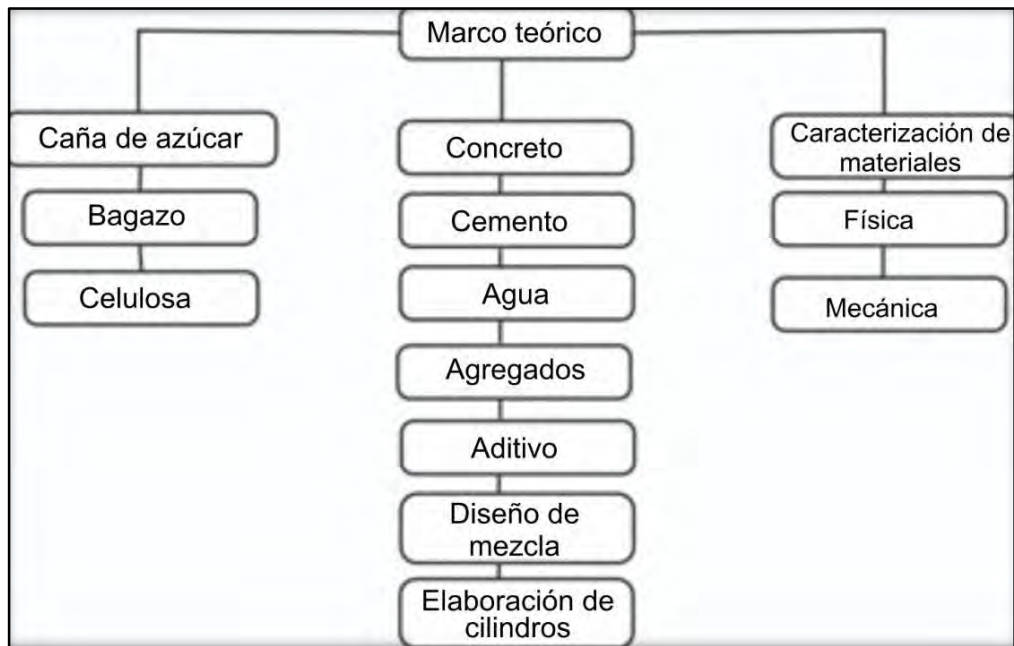


4.2. Marco Teórico

El concreto ha sido históricamente un material protagonista en las grandes obras de ingeniería y construcción del país, así como en los medianos y pequeños proyectos y está asociado a su versatilidad, desempeño y accesibilidad en un entorno como el nuestro. Este material ha sido utilizado por años por el ser humano en sus construcciones. Sin embargo, el presente y futuro del sector exigen un concreto con atributos y propiedades que le permitan mejorar su desempeño en términos de durabilidad, resistencia, peso y que esté sintonizado con el compromiso ambiental. Adicionalmente, siempre hay que tener presente la enorme responsabilidad que implica la construcción de edificios y de infraestructura en la que viven, trabajan y se movilizan miles de personas, y esto exige un manejo muy responsable desde el diseño, la producción de materiales, los métodos constructivos y el control de los concretos en obra.¹ En la Figura 1 se demuestra el orden en que se va a realizar el marco teórico del presente proyecto.

Figura 1.

Marco teórico



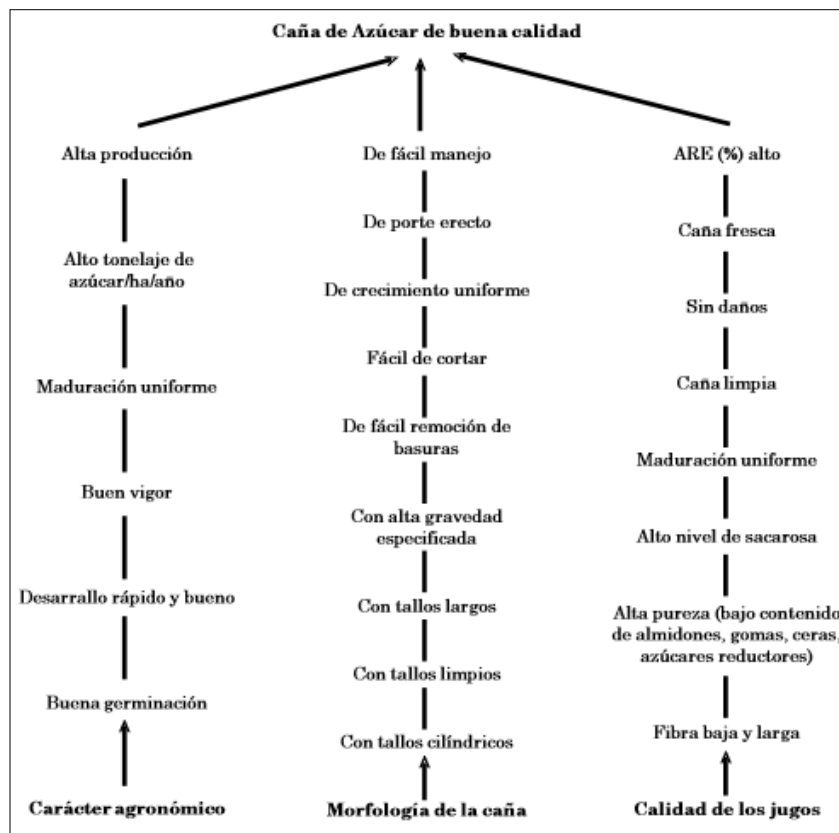
¹ Matallana, R. El concreto, fundamento y nuevas tecnologías

4.2.1. Caña de Azúcar

La caña de azúcar tiene como nombre científico *Saccharum officinarum*, esta es una gramínea tropical perenne con tallos gruesos y fibrosos que pueden crecer entre 3 y 5 metros de altura. Éstos contienen una gran cantidad de sacarosa que se procesa para la obtención de azúcar. La caña de azúcar es uno de los cultivos agroindustriales más importantes en las regiones tropicales.² La calidad (Figura 2.) se reconoce en el momento de la molienda por la cantidad de azúcar recuperable o el rendimiento que se obtiene por tonelada de caña molida.

Figura 2.

Características de la calidad de la caña de azúcar



Fuente: Larrahondo, J.E. Calidad de la caña de azúcar

La caña de azúcar está constituida por jugo y fibra. La fibra es la parte insoluble en agua y está formada principalmente por celulosa, la cual, a su vez, está constituida por azúcares

² Ramírez, Miguel. Julio del 2008. Cultivos para la producción sostenible de biocombustibles: Una alternativa para la generación de empleos e ingresos, Modulo V: Caña de Azúcar

sencillos como la glucosa. El contenido porcentual de sólidos (sacarosa, azúcares, reductores y otros constituyentes) solubles en agua se denominan comúnmente brix (expresado en porcentaje).³ Los jugos de la caña de azúcar contienen pequeñas cantidades de almidón, aproximadamente entre 50 y 70 mg/l, en forma de gránulos, los cuales durante la molienda se separan del tejido vegetal y se solubilizan en forma de dos estructuras moleculares: la amilosa y la amilopectina, en donde la amilopectina se diferencia con la amilosa por su forma ramificada.⁴ En la Tabla 1. Se mostrará el promedio en porcentaje de la composición química de los tallos y de los jugos de la caña de azúcar.

Tabla 1.

Promedio de la composición química de los tallos y de los jugos de la caña de azúcar.

Constituyente químico	Porcentaje ^a
En los tallos:	
Agua	73 - 76
Sólidos	24 - 27
- sólidos solubles (brix)	10 - 16
- fibra (seca)	11 - 16
En el jugo:	
Azúcares	
- sacarosa	75 - 92
- glucosa	70 - 88
- fructosa	2 - 4
Sales	2 - 4
- inorgánicas	3.0 - 3.4
- orgánicas	1.5 - 4.5
Acidos orgánicos	1 - 3
Aminoácidos	1.5 - 5.5
Otros no azúcares	1.5 - 2.5
- proteína	0.5 - 0.6
- almidones	0.001 - 0.050
- gomas	0.3 - 0.6
- ceras, grasas, etc.	0.15 - 0.50
- compuestos fenólicos	0.10 - 0.80

Fuente: Larrahondo, J.E. Calidad de la caña de azúcar

³ Larrahondo, J.E. Calidad de la caña de azúcar

⁴ Larrahondo, J.E. Calidad de la caña de azúcar

La mayoría de países en Latinoamérica cultiva la caña de azúcar para la producción de azúcar. Los principales productores son Brasil, México y Colombia.

En Colombia, en el año 2013 se produjeron 2,12 millones de toneladas de azúcar a partir de 21,56 millones de toneladas de caña. El consumo nacional de azúcar en Colombia fue de 1,69 millones de toneladas, destinado en un 52% al consumo directo en los hogares y un 48% a la fabricación de productos alimenticios, bebidas para consumo humano y otros productos industriales.⁵

4.2.2. Bagazo de la Caña de Azúcar

El bagazo es el residuo lignocelulósico, fibroso, obtenido a la salida del último molino del tándem, que en la fábrica de azúcar, extrae el jugo de la caña. Representa el 28% en peso de la caña que se procesa. Constituido por cuatro fracciones: fibra (45 %), sólidos insolubles (2-3 %), sólidos solubles (2-3 %) y agua (50 %), representa el coproducto de mayor tonelaje y volumen de la producción industrial del azúcar de caña.⁶

Es uno de los Subproductos de la Caña de Azúcar, además de la miel final y la cachaza, entre otros, y representa entre un 23 - 27 % del total (11-13 % base seca). Desde el punto de vista general de su estructura, el bagazo se caracteriza por su elevada heterogeneidad morfológica y está formado por dos fracciones bien diferenciadas, la fibra, de estructura cristalina, estable químicamente, que brinda rigidez a la planta, y el meollo o parénquima de estructura amorfa y de un alto poder de absorción.⁷

En la Tabla 2. Nos indica la composición morfológica del bagazo de caña de azúcar.

⁵ Sector Agroindustrial de la Caña, ASOCAÑA, <https://www.asocana.org/publico/info.aspx?Cid=215>

⁶ Olmo, O. A. El bagazo de la caña de azúcar. Propiedades, constitución y potencial.

⁷ Gutiérrez, A. H. El bagazo de la caña de azúcar. Propiedades, constitución y potencial.

Tabla 2.

Composición Morfológica del bagazo

Componentes	Proporción, %
Fibras	50
Parénquima	30
Vasos	15
Epidermis	5

Fuente: Gutiérrez, A. H. El bagazo de la caña de azúcar. Propiedades, constitución y potencial.

Las fibras del bagazo, de gran interés para la industria del papel y de tableros, son rígidas, de contornos irregulares y bien definidos. Las fibras del haz vascular son finas y de paredes delgadas con extremos romos, horquillados o bifurcados y en su superficie presentan ocasionalmente pequeños poros. Las fibras de la corteza son de mayor longitud y diámetro, con paredes gruesas y presentan poros en toda su superficie. La abundancia de grandes células parenquimatosas y segmentos de vasos presentes en el bagazo de la caña de azúcar, constituyen su rasgo más característico.

Las células parenquimatosas son de paredes finas y muy porosas, los segmentos de vasos se distinguen por su gran longitud y las células epidérmicas se caracterizan por presentar bordes irregulares.⁸

4.2.3. Celulosa

La celulosa son polímeros naturales sintetizados por las plantas, que se utilizan para producir una gran cantidad de productos industriales de suma importancia para la vida moderna como materiales farmacéuticos, cosméticos, aditivos alimentarios, plásticos, etc. La mayor parte

⁸ Gutiérrez, A. H. El bagazo de la caña de azúcar. Propiedades, constitución y potencial.

de la celulosa se obtiene de árboles de crecimiento rápido y es usada para la industria del papel; en este proceso queda como subproducto la lignina.⁹

4.2.4. Concreto

El concreto es un material de uso común, o convencional y se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento, agua y agregados a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo. Al mezclar estos componentes y producir lo que se conoce como concreto, se introduce de manera simultánea un quinto participante representado por el aire. (Nilson, 2001) En la Figura 3. Se hace mención de las diferentes fases que posee el concreto.

La mezcla íntima de los componentes del concreto convencional produce una masa plástica que puede ser moldeada y compactada con relativa facilidad; pero gradualmente pierde esta característica hasta que al cabo de algunas horas se torna rígida y comienza a adquirir el aspecto, comportamiento y propiedades de un cuerpo sólido, para convertirse finalmente en el material mecánicamente resistente que es el concreto endurecido. (Nilson, 2001)

El concreto convencional en estado fresco, es un conjunto de fragmentos de roca, globalmente definidos como agregados, dispersos en una matriz viscosa constituida por una pasta de cemento de consistencia plástica. Esto significa que en una mezcla así hay muy poco o ningún contacto entre las partículas de los agregados, característica que tiende a permanecer en el concreto ya endurecido. (Tovar S., 2019)

Las características físicas y químicas de este material están definidas por las características de sus componentes. Actualmente el concreto es el material de construcción de mayor uso, sin embargo, si bien en su calidad final depende en forma importante del conocimiento profundo del material, así como del profesional, las posibilidades de uso del

⁹ Moya. M, Durán. M, Sibaja. M, Obtención de lignina y celulosa de residuos de maíz.

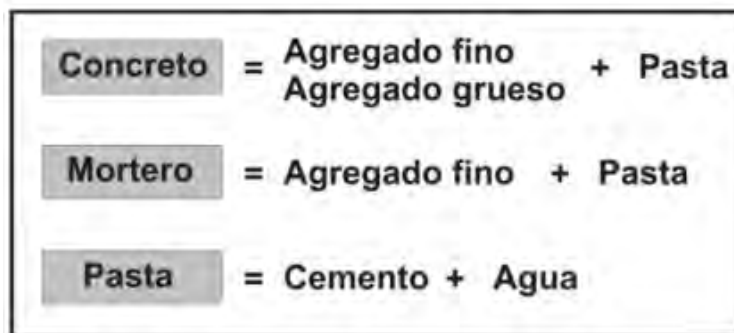
concreto son cada día mayores pudiendo en la actualidad ser utilizados para una amplia variedad de propósitos. (Tovar S., 2019)

$$\text{CONCRETO} = \text{CEMENTO PORTLAND} + \text{AGREGADOS} + \text{AIRE} + \text{AGUA}$$

El cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados, constituyendo un material heterogéneo. Algunas veces se añaden ciertas sustancias llamadas aditivos, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto (Tovar S., 2019).

Figura 3.

Fases, incluyendo al concreto utilizando cemento



Fuente. Cottier J.L, (1995)

4.2.4.1. Características del Concreto.

Según Flavio Abanto, 2002, entre los factores que hacen del concreto un material de construcción universal tenemos:

Ventajas

- La facilidad con que puede colocarse dentro de los encofrados de casi cualquier forma mientras aún tiene una consistencia plástica.
- Su elevada resistencia a la compresión lo que lo hace adecuado para elementos sometidos fundamentalmente a compresión como columnas y arcos.
- Su elevada resistencia al fuego y a la penetración del agua.

Desventajas

- Con frecuencia el concreto se prepara en el sitio en condiciones en donde no hay un responsable absoluto de su producción, es decir, el control de calidad no es tan bueno.

- El concreto es un material de escasa resistencia a la tracción. Esto hace difícil su uso en elementos estructurales que están sometidos a tracción (como los tirantes) o en parte de sus secciones transversales (vigas y otros elementos sometidos a flexión)

4.2.4.2. Propiedades del Concreto

Se conoce que el concreto es la mezcla de agregados, agua y cemento, para lograr una interpretación correcta de los resultados se debe tener en cuenta las propiedades que se presente; en el libro “Tecnología del Concreto (Teoría y Problemas)” de Abanto C, 2002, se mencionan las diferentes propiedades que hay que tener en cuenta.

- **Consistencia:** Está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada. (Abanto C., 2002)
- **Resistencia:** La resistencia del concreto no puede probarse en condición plástica, por lo que el procedimiento acostumbrado consiste en tomar muestras durante el mezclado las cuales después de curadas se someten a pruebas de compresión. La resistencia a la compresión de un concreto debe ser alcanzada a los 28 días, después de vaciado y realizado el curado (proceso de controlar y mantener un contenido de humedad satisfactorio y una temperatura favorable en el concreto) respectivo. (Abanto C., 2002)
- **Exudación:** Se define como el ascenso de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie como consecuencia de la sedimentación de los sólidos. Este fenómeno se presenta momentos después de que el concreto ha sido colocado en el encofrado. (Abanto C., 2002)
- **Durabilidad:** El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgaste, a los cuales estará sometido en el servicio. Gran parte de los daños por intemperie sufrido por el concreto pueden atribuirse a los ciclos de congelación y descongelación. La resistencia del concreto a esos daños puede mejorarse aumentando la impermeabilidad incluyendo de 2 a 6% de aire con un agente inclusor de aire, o aplicando un revestimiento protector a la superficie. (Abanto C., 2002)
- **Impermeabilidad:** El exceso de agua deja vacíos y cavidades después de la evaporación y, si están interconectadas, el agua puede penetrar o atravesar el concreto. La inclusión de aire, así como un curado adecuado por tiempo prolongado, suelen aumentar la impermeabilidad. (Abanto C., 2002)

4.2.4.3. Tipos de Concretos

Según Flavio Abanto, 2002, en su libro “Tecnología del concreto (Teoría y Problemas)”, por los múltiples usos que se le da al concreto en la construcción, como los cimientos, columnas, vigas, losas, muros de contención prefabricados industriales o pesados, bases nucleares, etc; se pueden encontrar diferentes tipos de concretos, tales como:

- **Concreto simple:** Este concreto es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso y agua. En la mezcla el agregado grueso deberá estar totalmente envuelto por la pasta de cemento y el agregado fino deberá rellenar los espacios entre el agregado grueso y a la vez estar recubierto por la misma pasta. Se usa para vaciar el falso piso y contrapiso. (Abanto C., 2002)

CEMENTO + A. FINO + A. GRUESO + AGUA = CONCRETO SIMPLE

- **Concreto armado:** Se denomina así al concreto simple, cuando este lleva armaduras de acero como refuerzo y que está diseñado bajo la hipótesis de que los dos materiales trabajan conjuntamente, actuando la armadura para soportar los esfuerzos de tracción o incrementar la resistencia a la compresión. (Abanto C., 2002)

CONCRETO SIMPLE + ARMADURAS = CONCRETO ARMADO

El concreto armado se usa para vaciar las columnas y techos. La proporción recomendable para lograr una resistencia adecuada para una casa de 2 ó 3 pisos es de 1 volumen de cemento por 3 volúmenes de arena gruesa y 3 volúmenes de piedra chancada. Esta proporción se logra usando: 1 bolsa de cemento con 1 buggy de arena gruesa, 1 buggy de piedra chancada y la cantidad de agua necesaria para obtener una mezcla pastosa que permita un buen trabajo. (Abanto C., 2002)

- **Concretos normales:** Son preparados con agregados corrientes y su peso unitario varía de 2300 – 2500 kg/m³. Según el tamaño máximo del agregado. El peso promedio es de 2400g/m³. (Abanto C., 2002)
- **Concretos pesados:** Son preparados utilizando agregados pesados, alcanzando el peso unitario valores entre 2800–6000 kg/m³. Generalmente se usan agregados como las baritas, minerales de fierro como la magnetita, limotita y hematita. También agregados artificiales como el fosforo de fierro y partículas de acero. (Abanto C., 2002)

4.2.5. Cemento

Se definen como cementos los conglomerantes hidráulicos que convenientemente amasados con agua, forman pastas que fraguan y endurecen a causa de las reacciones de hidrólisis e hidratación de sus constituyentes, dando lugar a productos hidratados mecánicamente resistentes y estables tanto al aire como bajo agua (Gerardo Rivera, Concreto simple). En la Figura 4. Se muestra la mezcla de agua y cemento conocida como pasta.

Figura 4.

Cemento



Fuente: Gerardo A. Rivera L., Concreto simple

4.2.5.1. Fabricación del Cemento

Según Rosaura Vásquez en su libro: “Cemento y sus aplicaciones”, la fabricación del cemento es una actividad industrial del procesado de minerales que se divide en 3 etapas básicas:

- Obtención de las materias primas (materiales calcáreos y arcillas principalmente), para conseguir la composición deseada de óxidos reactivos al agua en la producción del Clinker.
- Molienda y cocción de las materias primas, se realiza con equipos mecánicos rotatorios que reducen el tamaño de las partículas de materias para que las reacciones químicas de cocción en el horno, puedan realizarse de forma adecuada. El material obtenido debe ser homogeneizado para garantizar la calidad del producto final de la cocción o Clinker y la correcta operación del horno.
- Molienda del cemento, con equipos mecánicos, sometiendo la mezcla de materiales a impactos de cuerpos metálicos o fuerzas de compresión elevadas, junto con la molienda

conjunta del Clinker, yeso (en proporciones bajas, su función es de retardador de fraguado) y otros materiales denominados “adiciones” (que son los que dan características especiales a los cementos) termina la fabricación del cemento. El grado de finura de molido da las características resistentes, así, a mayor finura de molido aumenta la clase resistente.

- Almacenamiento, en silos para servir ensacado o a granel

4.2.5.2. Clasificación del Cemento

Según White R. N., Gergely P, 1980, se puede clasificar el cemento en:

- Cemento portland: (también denominado como cemento tipo 1-RTCR, y que cumple con las especificaciones físicas de la norma ASTM C150 para el cemento tipo 1) cemento hidráulico producido al pulverizar Clinker y una o más formas de sulfato de calcio como adición de molienda.
- Cemento hidráulico modificado con puzolana; cemento tipo MP-RTCR: cemento hidráulico que consiste en una mezcla homogénea de clinker, yeso y puzolana (y otros componentes minoritarios), producido por molienda conjunta o separada
- Cemento hidráulico modificado con escoria; cemento MS-RTCR: cemento hidráulico que consiste en una mezcla homogénea de clinker, yeso y escoria granulada de alto horno (y otros componentes minoritarios), producida por molienda conjunta o separada.
- Cemento de albañilería; cemento para mortero: cemento hidráulico, usado principalmente en albañilería o en preparación de mortero el cual consiste en una mezcla de cemento hidráulico o tipo Portland y un material que le otorga plasticidad (como caliza, cal hidráulica o hidratada) junto a otros materiales introducidos para aumentar una o más propiedades, tales como el tiempo de fraguado, trabajabilidad, retención de agua y durabilidad. Este cemento debe cumplir con la norma ASTM C-91 (cemento de albañilería) y ASTM C-1329 (cemento para mortero) en su última versión.

4.2.6. Agregados

Los agregados también llamados áridos son aquellos materiales inertes, de forma granular, naturales o artificiales, que aglomerados por el cemento Portland en presencia de agua

forman un todo compacto (piedra artificial), conocido como mortero o concreto (Gerardo Rivera, Concreto simple).

Como agregados de las mezclas de mortero o concreto se pueden considerar, todos aquellos materiales que teniendo una resistencia propia suficiente (resistencia de la partícula), no perturben ni afecten desfavorablemente las propiedades y características de las mezclas y garanticen una adherencia suficiente con la pasta endurecida del cemento Portland. En general, la mayoría son materiales inertes, es decir, que no desarrollan ningún tipo de reacciones con los demás componentes de las mezclas, especialmente con el cemento; sin embargo, existen algunos agregados cuya fracción más fina presenta actividad en virtud de sus propiedades hidráulicas colaborando con el desarrollo de la resistencia mecánica, tales como: las escorias de alto horno de las siderúrgicas, los materiales de origen volcánico en donde hay sílice activa, entre otros (Gerardo Rivera, Concreto simple).

Pero hay algunos otros agregados, que presentan elementos nocivos o eventualmente inconvenientes que reaccionan afectando la estructura interna del concreto y su durabilidad, como, por ejemplo, los que presentan elementos sulfurados, los que contienen partículas pulverulentas más finas o aquellas que se encuentran en descomposición latente como algunas pizarras (Gerardo Rivera, Concreto simple).

4.2.6.1. Clasificación de los Agregados

Según Gerardo Rivera, en su libro: “Concreto simple”, los agregados pueden clasificarse:

- **Según su procedencia:** De acuerdo con el origen de los agregados, según su procedencia ya sea de fuentes naturales o a partir de productos industriales, se pueden clasificar de la siguiente manera:
 - **Agregados naturales.** Son aquellos procedentes de la explotación de fuentes naturales tales como: depósitos de arrastres fluviales (arenas y gravas de río) o glaciares (cantos rodados) y de canteras de diversas rocas y piedras naturales. Pueden usarse tal como se hallen o variando la distribución de tamaños de sus partículas, si ello se requiere. Todas las partículas que provienen de los agregados tienen su origen en una masa mayor la que se ha fragmentado por procesos naturales como intemperismo y abrasión, o mediante trituración mecánica realizada por el

hombre, por lo que gran parte de sus características vienen dadas por la roca madre que le dio su origen.

- **Agregados artificiales:** Por lo general, los agregados artificiales se obtienen a partir de productos y procesos industriales tales como: arcillas expandidas, escorias de alto horno, Clinker, limaduras de hierro y otros, comúnmente estos son de mayor o menor densidad que los agregados corrientes.
- **Según su densidad:** Depende de la cantidad de masa por unidad de volumen y del volumen de los poros, ya sean agregados naturales o artificiales; se puede observar su clasificación de acuerdo a la masa unitaria en la Tabla 3. Esta distinción es necesaria porque afecta la densidad del concreto (ligero, normal o pesado) que se desea producir.

Tabla 3.

Clasificación de los agregados según su masa unitaria.

TIPO DE AGREGADO	MASA UNITARIA APROX. DEL CCTO kg/m ³	MASA UNITARIA DEL AGREGADO kg/m ³	EJEMPLO DE UTILIZACIÓN	EJEMPLO DEL AGREGADO
Ultraligero	500-800		Concreto para Aislamiento.	Piedra pómez Ag.
Ligero	950-1350 1450-1950	480-1040	Rellenos y Mampostería no estruct. Ccto. Estructural	Perlita Ag. Ultraligero.
Normal	2250-2450	1300-1600	Ccto. Estruct. Y no estruct.	Agregado de río o triturado.
Pesado	3000-5600	3400-7500	Ccto. Para proteger de radiación gamma ó X, y contrapesos	Hematita, barita, coridón, magnetita.

Fuente. Gerardo A. Rivera L., Concreto simple

De acuerdo con la clasificación unificada, los suelos se dividen en suelos finos (material de tamaño inferior a 0,074 mm o 74µm-tamiz No. 200) y suelos gruesos (material de tamaño

superior o igual a 0,074 mm o 74 μ m-tamiz No. 200); para la elaboración de mezclas de mortero o de concreto se emplean los suelos gruesos y se limita el contenido de suelo fino.

La fracción fina de los suelos gruesos, cuyas partículas tienen un tamaño inferior a 4,76 mm (tamiz No. 4) y no menor de 0,074 mm o 74 μ m (tamiz No. 200), es lo que comúnmente se denomina AGREGADO FINO; y la fracción gruesa, o sea aquellas partículas que tienen un tamaño superior a 4,76 mm (tamiz No. 4), es lo que normalmente se llama AGREGADO GRUESO.

- **GRAVA:** Agregado grueso de tamaño máximo mayor o igual a 20 mm.
- **GRAVILLA:** Agregado grueso de tamaño máximo menor a 20 mm.

La grava y la gravilla son resultantes de la desintegración natural y abrasión de las rocas o del procesamiento de conglomerados débilmente ligados.

- **ARENA:** Agregado fino resultante de la desintegración natural y abrasión de las rocas o del procesamiento de conglomerados débilmente ligados.
- **GRAVA TRITURADA O TRITURADO:** Agregado grueso resultante de la trituración artificial de la roca.
- **ARENA MANUFACTURADA O ARENA TRITURADA:** Agregado fino resultante de la trituración artificial de la roca, piedra o escoria (residuo mineral de hierro).
- **ESCORIA DE ALTO HORNO:** Producto no metálico, constituido esencialmente por silicatos y aluminosilicatos de calcio y de otras bases, que se produce en forma líquida o fluida simultáneamente con el hierro en un alto horno.

4.2.7. Agua de Mezcla

Según Gerardo Rivera, en su libro: “Concreto simple”, el agua de mezcla cumple dos funciones muy importantes, permitir la hidratación del cemento y hacer la mezcla manejable. De toda el agua que se emplea en la preparación de un mortero o un concreto, parte hidrata el cemento, el resto no presenta ninguna alteración y con el tiempo se evapora; como ocupaba un espacio dentro de la mezcla, al evaporarse deja vacíos los cuales disminuyen la resistencia y la durabilidad del mortero o del hormigón. La cantidad de agua que requiere el cemento para su hidratación se encuentra alrededor del 25% al 30% de la masa del cemento, pero con esta

cantidad la mezcla no es manejable, para que la mezcla empiece a dejarse trabajar, se requiere como mínimo una cantidad de agua del orden del 40% de la masa del cemento, por lo tanto, de acuerdo con lo anterior como una regla práctica, se debe colocar la menor cantidad de agua en la mezcla, pero teniendo en cuenta que el mortero o el hormigón queden trabajables.

Como norma general se considera que el agua es adecuada para producir mortero u hormigón si su composición química indica que es apta para el consumo humano, sin importar si ha tenido un tratamiento preliminar o no; es decir, casi cualquier agua natural que pueda beberse y que no tenga sabor u olor notable sirve para mezclar el mortero o el concreto. Sin embargo, el agua que sirve para preparar estas mezclas, puede no servir para beberla.

4.2.7.1. Requisitos para el Agua de Mezcla

Se recomienda que el agua utilizada en la preparación de mezclas de mortero o concreto, cumpla los requisitos de la Tabla 4. Sin embargo, es preferible ensayar el agua que se va a emplear en la preparación de la mezcla y comparar los resultados con los de un agua testigo (de comportamiento conocido como por ejemplo agua destilada).

Tabla 4.

Límites de impurezas permitidos al agua de mezcla

TIPO DE IMPUREZA	VALOR MÁXIMO RECOMENDADO
Ácidos orgánicos (ácido sulfúrico)	10000 ppm
Aceite mineral (por masa de cemento)	2 %
Agua con algas	no recomendable
Agua de mar:	35000 ppm
*para concreto no reforzado	no recomendable
*para concreto reforzado o pretensado	20 ppm
Aguas sanitarias	500 ppm
Azúcar	400 ppm
Carbonato de calcio y magnesio	1000 ppm
Carbonatos y bicarbonatos de sodio y potasio	30000 ppm
TIPO DE IMPUREZA	VALOR MÁXIMO RECOMENDADO
Hidróxido de potasio (por masa de cemento)	1,2%
Hidróxido de sodio (por masa de cemento)	0,5%

Partículas en suspensión	2000 ppm
PH	6 - 8
Sales de hierro	40000 ppm
Sales de magnesio, estaño, zinc, cobre y plomo	500 ppm
Sulfato de magnesio	25000 ppm
Sulfato de sodio	1000 ppm
Sulfito de sodio	100 ppm

Fuente. Gerardo A. Rivera L., Concreto simple

4.2.8. Diseño de Mezcla

Es el proceso en la cual se obtienen las proporciones para realizar la mezcla de concreto, con la finalidad de obtener buenos resultados; según Samuel Huanca en su resumen titulado *Diseño de mezcla de concreto* en el año 2006 nos especifica que este proceso consiste en dos (2) pasos primordiales que son:

- La selección de los materiales convenientes (cemento, agregados, agua y aditivos)
- Determinación de sus cantidades relativas proporcionadas para producir de forma económica un concreto de trabajabilidad, resistencia a compresión y durabilidad apropiada.

Estas proporciones dependerán de cada ingrediente en particular los cuales a su vez dependerán de la aplicación particular del concreto. También podrían ser considerados otros criterios, tales como minimizar la contracción y el asentamiento o ambientes químicos especiales.

4.2.8.1. Consideraciones Básicas

Economía: El costo del concreto es la suma del costo de los materiales, de la mano de obra empleada y el equipamiento. Sin embargo, para algunos concretos especiales, el costo de la mano de obra y el equipamiento son muy independientes del tipo y calidad del concreto producido. Por lo tanto, los costos de los materiales son los más importantes y los que se deben tomar en cuenta para comparar mezclas diferentes. Debido a que el cemento es más costoso

que los agregados, es claro que minimizar el contenido del cemento en el concreto es el factor más importante para reducir el costo del concreto (S. Huanca, 2006).

Trabajabilidad: Claramente un concreto apropiadamente diseñado debe permitir ser colocado y compactado apropiadamente con el equipamiento disponible. El acabado que permite el concreto debe ser el requerido y la segregación y sangrado deben ser minimizados. Como regla general el concreto debe ser suministrado con la trabajabilidad mínima que permita una adecuada colocación. La cantidad de agua requerida por trabajabilidad dependerá principalmente de las características de los agregados en lugar de las características del cemento. Cuando la trabajabilidad debe ser mejorada, el rediseño de la mezcla debe consistir en incrementar la cantidad de mortero en lugar de incrementar simplemente el agua y los finos (cemento). Debido a esto es esencial una cooperación entre el diseñador y el constructor para asegurar una buena mezcla de concreto. En algunos casos una mezcla menos económica podría ser la mejor solución. (S. Huanca, 2006).

Resistencia y durabilidad: El concreto es diseñado para una resistencia mínima a compresión. Esta especificación de la resistencia puede tener algunas limitaciones cuando se especifica con una máxima relación agua cemento y se condiciona la cantidad de material cementante. Es importante asegurar que los requisitos no sean mutuamente incompatibles. O en algunos casos la relación agua/material cementante se convierte en las características más importantes por tema de durabilidad. En algunas especificaciones puede requerirse que el concreto cumpla con ciertos requisitos de durabilidad relacionados con congelamiento y deshielo, ataques químicos, o ataques por cloruros, casos en los que la relación agua cemento, el contenido mínimo de cemento y el uso de aditivos se convierten en pieza fundamental para el diseño de una mezcla de concreto. Esto nos lleva a tener presente que una mezcla perfecta o diseñada bajo los criterios de durabilidad no producirá ningún efecto si no se llevan a cabo procedimientos apropiados de colocación, compactación acabado, protección y curado. (J. Osorio, 2018)

4.2.9. Elaboración de Cilindro

Los ensayos de cilindros de concreto buscan determinar la resistencia a la compresión de elementos estructurales. Esta resistencia de compresión está constituida por los distintos esfuerzos que se presentan en el entorno de trabajo del material; Esfuerzo de fluencia, esfuerzo

de rotura, etc. Y también, las características de deformación lo que en conjunto con el esfuerzo se obtiene la capacidad del material para oponerse a las deformaciones o también módulo de elasticidad. (Mendoza et la 2019).

Para elaborar los especímenes de cilindro se deben tener en cuenta unas generalidades según la norma NTC 550 de 2000.

4.2.9.1. Moldes para Especímenes Fundidos Verticalmente

Los moldes deben ser constituidos en la forma de cilindros rectos circulares que se posicionan con su eje cilíndrico vertical y con su tope abierto para recibir el concreto. Deben ser hechos con materiales que no reaccionen con el concreto que contengan cemento portland o bien otros cementos hidráulicos. Deben ser no absorbentes y sin fugas estancos y suficientemente resistentes y tenaces, para permitir su uso sin romperse, aplastarse o deformarse (NTG 41062).

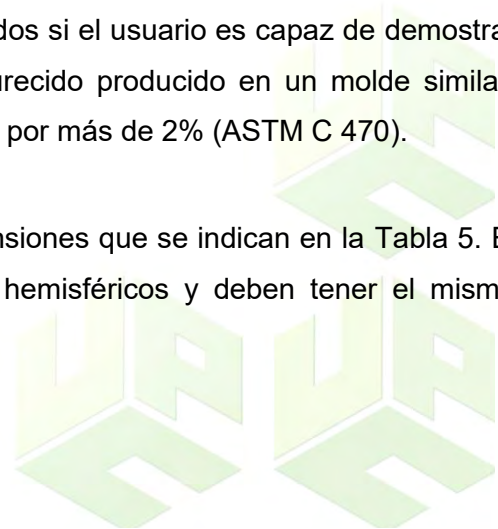
Los moldes deben tener una altura nominal interior igual a dos veces el diámetro nominal interior. El diámetro del molde, consiste en el promedio de dos mediciones tomadas a ángulos rectos entre sí en la parte superior del molde, no deben diferir del diámetro nominal por más de 1%. La altura del molde determinada por el promedio de dos mediciones tomadas a una separación de 180°, no deben diferir de la altura nominal por más de 2%. Los planos del borde superior y del borde inferior del molde, deben ser perpendiculares al eje del molde dentro de los 0.5 grados aproximadamente equivalentes a 3mm en 300mm ($\frac{1}{8}$ pulg en 12 pulg). Ningún diámetro del molde debe diferir de otro diámetro del mismo molde en más de 2%, excepto que los moldes cumplen con este requisito, pueden ser usados si el usuario es capaz de demostrar que ningún diámetro del espécimen de concreto endurecido producido en un molde similar, difiere de cualquier otro diámetro del mismo espécimen por más de 2% (ASTM C 470).

4.2.9.2. Varilla Compactadora

Debe ser de acero, cilíndrica, lisa, con las dimensiones que se indican en la Tabla 5. El extremo compactador o ambos extremos, deben ser hemisféricos y deben tener el mismo diámetro de la varilla. (NTC 550, 2000)

Tabla 5.

Requisitos para varillas compactadoras



Diámetro del cilindro, mm	Dimensiones de la varilla		
	Diámetro de la varilla, mm	Longitud de la varilla, mm	Número de golpes/capa
< 150	10	300	25
150	16	600	25
200	16	600	50
250 ó mayores	16	600	75

Fuente: NTC 550 – 2000

4.2.9.3. Vibradores

Los vibradores internos deben ser de eje flexible accionados por motor eléctrico. La frecuencia de vibración debe ser de 7 000 vibraciones por minuto o más mientras está en servicio. El diámetro exterior o la dimensión lateral del elemento vibratorio deben ser mínimo 20 mm, y máximo 40 mm. La longitud del eje sumada a la del elemento vibrador debe ser superior a la profundidad máxima de la sección que se está haciendo vibrar, al menos en 75 mm. Para cilindros, el diámetro del elemento vibratorio no debe ser superior a una cuarta parte del diámetro de estos. Para vigas, el diámetro del elemento vibrador no debe ser mayor que una tercera parte del ancho del molde. Se debe usar un tacómetro de lengüetas para verificar la frecuencia de la vibración (NTC 550 – 2000)

Caracterización de materiales. Conocemos que la característica es aquella cualidad o rasgo distintivo de un material, ya sea físico o químico; identificar las características es de gran importancia para establecer el comportamiento del material en la mezcla del concreto. Por lo tanto, en lo siguiente, se realizará la presentación de los ensayos que se llevaran a cabo a los respectivos materiales utilizando su respectiva normativa, en este caso las NTC.

Caracterización física

- **Cemento**

La determinación de la densidad del cemento hidráulico se llevará a cabo por medio de la NTC 221-2019 mencionada en la Tabla 6.

Tabla 6.

Norma para determinación de la densidad del cemento

Norma	NTC 221
Descripción	Método de ensayo para determinar la densidad del cemento hidráulico
Objetivo	Determinar la densidad del cemento hidráulico a través del ensayo

Fuente: Icontec, 2019

- **Agregado grueso**

La determinación de la densidad y absorción del agregado grueso se llevará a cabo por medio de la NTC 176-2019 mencionada en la Tabla 7.

Tabla 7.

Norma para determinación de la densidad y absorción del agregado grueso

Norma	NTC 176
Descripción	Método de ensayo para determinar la densidad y la absorción del agregado grueso
Objetivo	Determinar la densidad y la absorción del agregado grueso. La densidad se puede expresar como densidad aparente o densidad nominal.

Fuente. Icontec, 2019

- **Agregado fino**

La determinación de la densidad y absorción del agregado fino se llevará a cabo por medio de la NTC 237-2020 mencionada en la Tabla 8.

Tabla 8.

Norma para determinación de la densidad y absorción del agregado fino

Norma	NTC 237
Descripción	Método de ensayo para determinar la densidad y la absorción del agregado fino
Objetivo	Cubrir la determinación de la densidad aparente y nominal, a una condición de temperatura de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y la absorción del agregado fino.

Fuente: Icontec, 2020

Caracterización mecánica: Para llevar el control de calidad del concreto, se realizar prueba de compresión en cilindros con diferente tiempo de curado, esto con el fin de cumplir

con todas las especificaciones para optimizar costos y cuidar la vida de las personas. Esta prueba se realizará teniendo cuenta la NTC 673-2010 a la cual se hace referencia en la Tabla 9.

Tabla 9.

Norma para determinación de la compresión en cilindros de concreto

Norma	NTC 673
Descripción	Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto
Objetivo	Determinar la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto, tales como cilindros moldeados y núcleos perforados; los valores normativos se expresan de acuerdo a la NTC 1000

Fuente: Icontec, 2010

4.3. Marco Conceptual

- **Aditivo:** “Son compuestos químicos orgánicos e inorgánicos añadidos durante el proceso de mezclado, que le brindan al mismo en estado fresco o endurecido propiedad o mejora alguna de las que ya tiene como plasticidad, tiempo de fraguado, resistencia, entre otros” (Constructivo, 2020).
- **Aglomerante:** “Son los elementos que sirven para unir o pegar ladrillos o mamposterías en las construcciones, mediante reacciones químicas en presencia de agua y aire.” (A. Cedeño, 2011).
- **Bagazo de caña de azúcar:** “Es el residuo o remanente de los tallos de la caña de azúcar después que ésta ha sido sometida al proceso de extracción del jugo azucarado” (Aguilar–Rivera N, 2011).
- **Cemento:** “Es un material pulverizado que además de óxido de calcio contiene: sílice, alúmina y óxido de hierro y que forma, por adición de una cantidad apropiada de agua, una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto en el agua como en el aire” (G. Rivera, 2013).
- **Cemento portland:** “Es un conglomerante hidráulico, es decir, un material inorgánico finamente molido que, amasado con agua, forma una pasta que fragua, endurece y conserva su resistencia y estabilidad, incluso bajo el agua, denominada hormigón” (Cemex, 2019).

- **Concreto:** “El cemento deformable, formado por cemento, grava, arena y agua, ocurre una reacción química entre el cemento y el agua, esto hace que la mezcla fragüe y se convierte en un elemento rígido, se usa como material de construcción y soporta grandes cargas de compresión.” (ingeniería civil, 2017)
- **Curado:** “Es el proceso de controlar y mantener un contenido de humedad satisfactorio y una temperatura favorable en el concreto” (O. Silva, 2020).
- **Encofrado:** “Son moldes temporales o permanentes para contener el vaciado completo del concreto. El objetivo sería evitar que surja algún derrame del mismo hasta que se complete el fraguado y el concreto alcance un nivel óptimo en cuanto a su resistencia” (E. Suárez, 2019)
- **Fibra:** “Son aquellos filamentos que intervienen en la composición de los tejidos orgánicos, vegetales o animales, de ciertos minerales y de algunos productos químicos.” (F. Ucha, 2019)
- **Fisura:** “Rotura que aparece en cualquier material como consecuencia de la existencia de tensiones, externas o internas, su ancho es inferior a 1 mm” (Construmática, s.f)
- **Fraguado:** “Es la pérdida de viscosidad de la pasta, en el momento en que esta deja de ser deformable bajo cargas relativamente pequeñas y empieza el proceso de endurecimiento, en el que la estructura del cemento va adquiriendo resistencia mecánica” (360 en concreto, s.f)
- **Impacto ambiental:** “Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza” (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018)
- **Puzolana:** “Material silíceo o silico-aluminoso, que por sí solo posee poco o ningún valor cementante, pero que finamente dividido y en medio húmedo a temperatura ordinaria, reacciona químicamente con el hidróxido de calcio, formando un compuesto con propiedades cementantes.” (Canul, A. et. 2016).
- **Resistencia:** “Es la característica mecánica principal del concreto. Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm², MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi)” (Cemex, 2019)
- **Trabajabilidad:** “Es la propiedad que determina el esfuerzo requerido para manipular una cantidad de mezcla de concreto fresco” (U. Sonora, s.f)

4.4. Marco Contextual

El proyecto se emplazó en el municipio de Valledupar, departamento del Cesar, (Figura 5) está ubicada al nororiente de la Costa Caribe colombiana, a orillas del río Guatapurí, en el valle del río Cesar formado por la Sierra Nevada de Santa Marta y la serranía del Perijá. Valledupar está ubicada al norte del Valle del Cesar, entre la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía del Perijá, al margen de los ríos Cesar y Guatapurí, en la Costa Caribe colombiana. (Alcaldía municipal de Valledupar, s.f)

Figura 5.

Localización del proyecto



Fuente. Google Maps

Valledupar, dada su latitud, se encuentra en la zona de dominios tropicales, posee un clima tropical donde las características generales del clima son elevadas temperaturas y escasa oscilación térmica anual.

Su territorio es llano y basculado hacia el sureste mediante una leve pendiente. La ciudad se encuentra a una altitud que oscila entre los 220 m.s.n.m al norte y 150 m.s.n.m, siendo la altitud media de 168 m.s.n.m. Además de las enormes estructuras montañosas que la rodean (Pico Bolívar 5.775 m.s.n.m) sobresalen en inmediaciones de la ciudad dos cerros, al nororiente

el "Cicolac" con 330 m.s.n.m. y el de "la Popa" con 310 m.s.n.m. (Alcaldía municipal de Valledupar, s.f)

En cuanto a las temperaturas, según los datos acumulados desde 1969 por el IDEAM en su estación meteorológica ubicada en el aeropuerto Alfonso López, La temperatura promedio es de 28.4°C. Al medio día la temperatura máxima media oscila entre 33 y 36°C. En la madrugada la temperatura mínima está entre 23 y 24°C. El sol brilla cerca de 6 horas diarias en los meses lluviosos, pero en los meses secos de principios de año, la insolación llega a 9 horas/día. (IDEAM, s.f)

4.5. Marco Legal

Este estudio se basó en una normatividad ambiental teniendo como base lo citado en la constitución política de 1991 en su artículo 79 que estipula que “Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano”, la ley 99 de 1993 en su artículo 3 donde manifiesta que “se entiende por desarrollo sostenible el que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de la vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades” y el decreto distrital 482 del 2003 el cual adopta “la política de producción sostenible”.

De igual forma, esta investigación se basó en las normas del INVIAS en su artículo 630 de 2013 numeral 630.2.2 el cual estipula las características de los agregados, la INV – E – 410 de 2013 que dicta los procedimientos para el ensayo de resistencia a la compresión de cilindros, las Normas Técnicas Colombianas – NTC que regulan el sector de las construcciones y otras aplicables a lo relacionado con las cenizas como la NTC 77 de 2018 donde se describe el procedimiento para los análisis granulométricos de los agregados y la NTC 3823 de 1997 donde se estipula el muestreo y ensayo de cenizas volantes o puzolanas naturales para el uso como aditivo mineral en el concreto. En la tabla 10 se presentan estas normas y la recopilación de normas complementarias que respaldan esta investigación:

Tabla 10.

Normatividad legal

TEMÁTICA	NORMA	Art.º	CONTENIDO
AMBIENTAL	Ley 99 de 1993	3	En su artículo 3 define el concepto de Desarrollo Sostenible.
	Decreto Distrital 482 del 30 de diciembre de 2003.	Todos	Por el cual se adopta la Política de producción sostenible.
CONCRETO	Acuerdo Distrital 418 de 2009.	Todos	Adoptar la Guía de Manejo Ambiental para el Sector de la Construcción.
	NTC 129:2019	Todos	Práctica para la toma de muestras de agregados
	NTC 174:2000	Todos	Concretos. Especificaciones de los agregados para concreto
	INV E – 410	Todos	Resistencia a la compresión de cilindros
	NTC 1513	Todos	Método de ensayo para la elaboración, curado acelerado y ensayo a compresión de especímenes de concreto
	NTC 3823	Todos	Muestreo y ensayo de cenizas volantes o puzolanas naturales para uso en el concreto.
	NTC 77	Todos	Método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos.
	NTC 3493	Todos	Cenizas volantes y puzolanas naturales, calcinadas o crudas, utilizadas como aditivos minerales en el concreto de cemento Pórtland.

5. Marco Metodológico

Este estudio buscó el aprovechamiento del bagazo de caña de azúcar, el cual es un residuo generado por la extracción de su jugo, este bagazo se aprovechó en forma de ceniza que fue generada en los hornos utilizados para la quema de ladrillos en la vereda el Cielo - Valledupar, la cual fue reutilizada como reemplazo parcial del cemento en la mezcla de concreto,

material indispensable en el sector de la construcción. Para esto se presenta la metodología utilizada para cumplir los objetivos planteados en el presente estudio.

5.1. Línea y Sublínea de la Investigación

La línea de investigación que cobija este proyecto es la de Sostenibilidad y Gestión Ambiental, la cual cuenta con diversas sublíneas de investigación de las cuales este proyecto abarcó la sublínea titulada: Gestión integral de los residuos sólidos y líquidos.

5.2. Tipo de Investigación

El presente proyecto es de tipo cuasi-experimental y cuantitativo, en vista de que se realizó un análisis de las variables que podrían afectar una de las características del concreto de formas positiva y/o negativa como lo es la resistencia a la compresión, dependiendo de las distintas dosificaciones de ceniza de bagazo de la caña de azúcar que fueron usadas. Elaborando con base a lo anterior una comparación analítica y con bases estadísticas entre los resultados de cada ensayo de los cilindros. Además, es de carácter investigativo, debido a que se consultaron diferentes fuentes fidedignas de donde se tomaron bases para el análisis de los resultados de este proyecto.

5.3. Nivel de Investigación

Esta investigación posee dos niveles, los cuales son: explicativa. Debido a que por medio de este estudio se busca dar un ¿Por qué? Podemos usar la ceniza de bagazo de caña de azúcar como una variable fundamental en la mezcla de concreto, demostrando cuales son los cambios, modificaciones y/o mejoras que puede producir esta variable en la mezcla de concreto y conocer la eficiencia que puede traer este al momento de añadirla en la mezcla de concreto, conociendo la causa y efecto que podría ocasionar el cambio de porcentaje de cenizas de bagazo de caña de azúcar.

5.4. Población de Estudio

La población que concierne a este proyecto son las probetas de concreto con dimensiones de 6 x 12 pulgadas junto con cenizas que se obtienen de la incineración del bagazo de caña de azúcar, en la cual el bagazo es el residuo después de la extracción del jugo de la caña de azúcar. Se escogió este material por sus características puzolánicas, debido a que contiene una gran cantidad de SiO₂, en la cual, con presencia de agua permite originar materiales cementantes, por lo que proporciona condiciones adecuadas para llevar a cabo este proyecto.

5.5. Muestra Poblacional

Las muestras que se utilizaron en el presente proyecto fueron:

- El bagazo de la caña de azúcar del cual se obtuvo una cantidad de 68 kg, recolectada en las distintas zonas del municipio de Valledupar donde se produce la extracción del jugo de dicho material; para luego producir las cenizas que se obtuvieron en los hornos usados para la quema de ladrillos en la vereda El Cielo.
- Las probetas (cilindros de concreto), que fueron 24 unidades. Para el cálculo de la cantidad de dichas probetas se tomó como referencia el número promedio de cilindros de 6 x 12 pulgadas que llegan al laboratorio de VYO INGENIERIA SAS en una semana.

Dicha cantidad de muestras se calculó con la ecuación 1 cuyos valores se encuentran descritos en la Tabla 11:

$$n = \frac{Z^2 * Npq}{e^2(N-1) + Z^2pq} \quad (1)$$

Tabla 11.

Valores para cálculo de muestra en poblaciones finitas

VARIABLES	DEFINICIÓN	CILINDRO	BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR
N	Población – Censo	26 cilindros	82 kg

Z	Nivel de confianza 95%	1,96	1,96
e	Error de estimación	0,05	0,05
p	Probabilidad a favor	0,5	0,5
q	Probabilidad en contra	0,5	0,5
n	Muestra poblacional	24 cilindros	68 kg

5.6. Diseño de la Investigación

Este proyecto es de tipo experimental por existir un análisis de variables que componen la mezcla del concreto, como lo son las proporciones de materiales que constituyen el concreto, Por este motivo se plantea un diseño experimental. En dichas variables se encuentra una independiente, la cual es el porcentaje de ceniza del bagazo de la caña de azúcar que reemplazó al cemento, y la variable dependiente fue la resistencia a la compresión del concreto. Teniendo en cuenta los factores que intervienen en el proyecto hacen que la naturaleza de la investigación sea experimental, por haber una manipulación premeditada de las variables independientes y la relación que tiene midiendo la variable dependiente.

En esta investigación se elaboraron cilindros de concreto de dimensiones 6 x 12 pulgadas, que contaron con distintos porcentajes de reemplazo de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar, como también una muestra patrón la cual no contó con dicho reemplazo de cemento para poder hacer la respectiva comparación; estos componen los tratamientos del proyecto que en total fueron 4 (con reemplazo de cemento por ceniza del 5%, 10%, 15% y la muestra patrón sin reemplazo de cemento). Se sometieron a 6 repeticiones por cada tratamiento; 2 a los 7 días, 2 a los 14 días y 2 a los 28 días de la fecha de fundida. La tabulación del diseño se presenta en la Tabla 12.

Tabla 12.

Diseño experimental

DISEÑO EXPERIMENTAL			
% DE CEMENTO REEMPLAZADO POR CENIZA	RESISTENCIA A LA COMPRESION (psi)		
	7 Días	14 Días	28 Días

sin ceniza	F'c (0.7.1)	F'c (0.14.1)	F'c (0.28.1)
	F'c (0.7.2)	F'c (0.14.2)	F'c (0.28.2)
5% de ceniza	F'c (5.7.1)	F'c (5.14.1)	F'c (5.28.1)
	F'c (5.7.2)	F'c (5.14.2)	F'c (5.28.2)
10% de ceniza	F'c (10.7.1)	F'c (10.14.1)	F'c (10.28.1)
	F'c (10.7.2)	F'c (10.14.2)	F'c (10.28.2)
15% de ceniza	F'c (15.7.1)	F'c (15.14.1)	F'c (15.28.1)
	F'c (15.7.2)	F'c (15.14.2)	F'c (15.28.2)

Para este diseño experimental se plantearon tres hipótesis nulas partiendo de la comparación entre los cilindros que no contienen cenizas y los cilindros que si poseen cenizas. Las hipótesis planteadas fueron las siguientes:

- Hipótesis nula 1: Al reemplazar el 5% de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar en las mezclas de concreto, no existen afectaciones en la resistencia del concreto transcurridos 28 días de su elaboración.
- Hipótesis nula 2: Al reemplazar el 10% de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar en las mezclas de concreto, no existen afectaciones en la resistencia del concreto transcurridos 28 días de su elaboración.
- Hipótesis nula 3: Al reemplazar el 15% de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar en las mezclas de concreto, no existen afectaciones en la resistencia del concreto transcurridos 28 días de su elaboración.

5.7. Desarrollo Metodológico

5.7.1. Etapa 1: Caracterización de las Cenizas del Bagazo de Caña de Azúcar

Actividad 5.7.1.1. Recolección del bagazo de caña de azúcar

En esta actividad se realizó la recolección del bagazo de la caña de azúcar en las zonas con mayor concentración de este residuo en la ciudad de Valledupar, dichas zonas corresponden a los puntos donde se extrae el jugo de la caña de azúcar.

5.7.1.1.1. Ubicación de los puntos de recolección

Se recorrió el casco urbano del municipio de Valledupar para la ubicación de los puntos donde se extrae el jugo de caña de azúcar y posteriormente la identificación de los puntos críticos o de mayor concentración los cuales fueron seleccionados como sitios de muestreo. (Figura 6)

Figura 6.

Inspección de puntos de extracción de jugo de caña de azúcar



5.7.1.1.2. Recolección del bagazo de caña de azúcar

Para el acopio del bagazo de caña de azúcar, se procedió a visitar los puntos previamente identificados para recoger la materia prima del presente proyecto, esta recolección se realizó 4 días a la semana durante 2 meses, hasta llegar a la cantidad necesaria para proceder a su

incineración y obtener las cenizas que fueron reemplazo parcial del cemento en las mezclas de concreto. Los puntos para la recolecta se muestran en la Figura 7 y se georreferencian en la Tabla 13.

Tabla 13.

Georeferenciación de los puntos de muestreo

PUNTOS DE MUESTREO	LOCALIZACIÓN	PUNTOS DE MUESTREO	LOCALIZACIÓN
1	10°28'40.88"N - 73°15'37.16"O	4	10°27'48.92"N - 73°15'05.93"O
2	10°28'07.68"N - 73°15'23.97"O	5	10°28'02.27"N - 73°15'38.91"O
3	10°28'05.18"N - 73°15'07.32"O	6	10°28'47.05"N - 73°16'18.46"O

Figura 7.

Puntos de recolección del bagazo de la caña de azúcar



Fuente. Google Earth

5.7.1.1.3. Secado del bagazo de caña de azúcar

Luego de finalizado cada día de recolección del bagazo, este fue sometido a un proceso de separación y secado. En la separación se aisló el bagazo de la caña de azúcar de los materiales ajenos a esta investigación como lo son vasos plásticos, pitillos, bolsas plásticas entre otros residuos. Culminado la separación se dio paso al secado exponiendo el material a los rayos

del sol y al viento como lo muestra la Figura 8, para su posterior almacenamiento en bolsas plásticas como se evidencia en la Figura 9.

Figura 8.

Proceso de secado del bagazo



Figura 9.

Almacenaje del bagazo



Actividad 5.7.1.2. Generar las cenizas del bagazo recolectado

Este proceso se realizó posterior al secado de todo el material requerido y su incineración se dio en los hornos utilizados para la quema de ladrillos en la vereda El Cielo jurisdicción del municipio de Valledupar – Cesar. (Ver Figura 10)

Figura 10.

Localización de los hornos de ladrillos

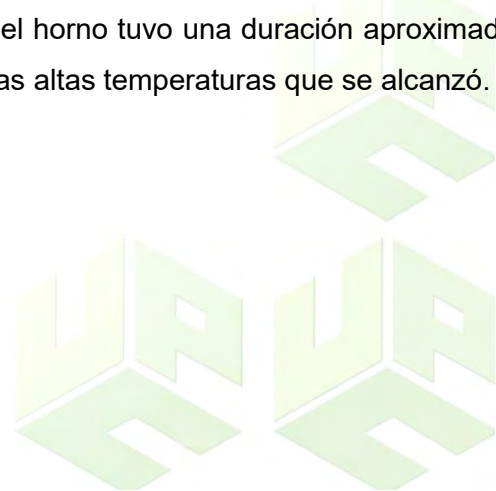


5.7.1.2.1. Incineración del bagazo

Para realizar este proceso, se colocó una placa metálica al fondo del horno seguido de una capa de ladrillos que cumplió como soporte y colador de las cenizas mientras se producía la quema, posterior a esto se cargaron los ladrillos que conformaron las paredes y techo del horno. Cargado el horno con los ladrillos se ingresó una cantidad moderada de bagazo para encenderlo y progresivamente se fue añadiendo bagazo al horno como lo muestra la Figura 11. Este proceso se realizó durante 45 minutos y la incineración dentro del horno tuvo una duración aproximada de 10 horas, seguidas de 14 horas de reposo debido a las altas temperaturas que se alcanzó.

Figura 11.

Proceso de quema del bagazo





5.7.1.2.2. Extracción del bagazo

Pasadas las 24 horas del proceso de quema (Figura 12) se pasó a la extracción de las cenizas sacando ladrillo por ladrillo dejando en la placa metálica el residuo de cenizas, estos se extrajeron con palas y almacenados en bolsas plásticas.

Figura 12.

Residuos de ceniza posterior a la quema



Actividad 5.7.1.3. Caracterización fisicoquímica de la ceniza

Para la caracterización química se llevó una muestra al laboratorio ANALQUIM LTDA para que se obtuviese el contenido de sílice, alúmina y óxido férrico. Para la caracterización física se le realizaron a la muestra de ceniza ensayos de granulometrías y humedad.

5.7.1.3.1. Caracterización física

En esta caracterización se evaluaron dos aspectos importantes como son la gradación de las cenizas por medio del procedimiento del ensayo de análisis granulométrico estipulado en la norma NTC 77 y NTC 78 para el lavado de las muestras y como segundo aspecto evaluado se elaboró el ensayo de humedad natural siguiendo lo escrito en la norma de INV E -122-07.

- **Análisis granulométrico de las cenizas**

Se tomó por el método de cuarteo una cantidad moderada de cenizas (1000 g), posteriormente, se preparó la muestra introduciendo en el horno el material a una temperatura de 110 ± 5 °C hasta obtener una masa seca constante, luego se sometió a un lavado a través del tamiz No. 200 siguiendo lo estipulado en la norma NTC 78, se secó en el horno (Figura 13) y por último se pasó a realizar el tamizado pasando el material por una serie de tamices según la Norma Técnica Colombiana NTC 32. Los tamices utilizados fueron 3/8", No.4, No.20 No.30, No.40, No.60, No.100 y No.200 ubicados de esta forma descendente según el diámetro de la abertura de la malla. (Ver Figura 14)

Figura 13.

Preparación de la muestra para tamizado





Figura 14.
Análisis granulométrico de la ceniza



- **Contenido de humedad natural de las cenizas**

Para hallar el contenido de humedad natural se pesó un recipiente y se le adicionó una cantidad de muestra húmeda (80 g) y se llevó al horno (recipiente más muestra) a una temperatura de 110 ± 5 °C, durante un lapso de tiempo de 16 horas, finalizado el tiempo en el horno se extrae la muestra, se dejó reposar hasta que su temperatura fuera ambiente y se pesó

nuevamente para obtener el peso de la muestra seca. Para mayor confiabilidad y precisión en los cálculos, el ensayo fue repetido tres veces como se muestra en la Figura 15.

Figura 15.

Determinación del contenido de humedad de la ceniza



5.7.1.3.2. Caracterización química

Las muestras de CBCA obtenidas en los hornos de ladrillos ubicado en la vereda El Cielo se envió al laboratorio ANALQUIM LTDA ubicada en Bogotá, se enviaron tres en recipientes de plástico, cada recipiente contenía 100 gramos de CBCA, siendo un total de 300 gramos, para llevar a cabo los tres análisis fundamentales para el presente estudio, que son: óxido de aluminio, óxido férrico y dióxido de silicio.

Actividad 5.7.1.4. Consultar en fuentes confiables

Se realizaron consultas en fuentes de confiabilidad como un apoyo teórico en la caracterización de la Cenizas. Dichas consultas se llevaron a cabo en los antecedentes presentados en el presente estudio, las cuales cuentan con estudios de las propiedades físicas, químicas y mineralógicas de la ceniza del bagazo de la caña de azúcar.

5.7.2. Etapa 2: Diseño de Mezclas de Concreto de 3000 PSI Sustituyendo el Cemento por Cenizas de Bagazo de Caña de Azúcar, con Diferentes Porcentajes de Ceniza (5%, 10% y 15%)

Actividad 5.7.2.1. Realizar los ensayos pertinentes a los agregados

Se realizaron los ensayos de análisis granulométricos y peso específico a los agregados finos y gruesos, con el fin de obtener datos como tamaño máximo, módulo de finura y gravedad específica, los cuales fueron necesarios para realizar el diseño de mezcla.

5.7.2.1.1. Análisis granulométrico del agregado fino

Se tomó por el método de cuarteo una cantidad moderada de agregado fino (1837 g), posteriormente, se preparó la muestra introduciendo en el horno el material a una temperatura de 110 ± 5 °C hasta obtener un material seco, luego se sometió a un lavado a través del tamiz No. 200 siguiendo lo estipulado en la norma NTC 78, se secó en el horno y por último se pasó a realizar el tamizado pasando el material por una serie de tamices según la Norma Técnica Colombiana NTC 32. Los tamices utilizados fueron 3/8", No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100 y No.200 ubicados de esta forma descendente según el diámetro de la abertura de la malla. Se tuvieron en cuenta las limitaciones que estipula el artículo 630 de la norma de INVIAS. (Ver Tabla 14)

Tabla 14.

Granulometría del agregado fino para concreto estructural

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)						
	9.5	4.75	2.36	1.18	0.5	0.3	0.15
	3/8"	No. 4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100
PORCENTAJE QUE PASA (%)							
UNICA	100	95-100	80-100	50-85	25-60	10-30	2-10

Fuente. INVIAS, 2012

5.7.2.1.2. Peso específico del agregado fino

Para la realización del ensayo de peso específico del agregado fino se tomó como guía lo estipulado en la norma INV E – 222 – 13 y este procedimiento se describe a continuación:

Se preparó la muestra tomando 900 g de agregado fino por el método de cuarteo, se lavó el material y dejándolo en proceso de saturación durante 24 horas, pasado este tiempo se sometió a secado por exposición al sol hasta que la arena estuviese saturada superficialmente seca (s.s.s) y cumpliera con el ensayo de cono específico regulado por la misma norma, la cual estipula que se debe llenar un molde cónico apisonando con un pistón el material con 25 golpes a una altura aproximada de 1 cm y retirando alzando el cono sin girarlo. (Ver Figura 16)

Figura 16.

Preparación de la muestra para peso específico del agregado fino



Posteriormente de este material saturado superficialmente seco se tomó 500 gr, se pesó el picnómetro completamente lleno de agua, luego se vació a un cuarto de su capacidad para introducir los 500 g de agregado fino, este proceso se realizó agregando pocas cantidades, dando pequeños golpes y agitando el picnómetro para eliminar el vacío que se generaba por el material. Seguido a esto se terminó de llenar el recipiente con agua, se procedió a pesarlo para

obtener el peso del frasco más material más agua, obtenido este valor se pasó la muestra a un recipiente para someterlo a un secado y calcular la absorción del agregado fino. (Ver Figura 17)

Figura 17.

Determinación del peso específico el agregado fino



5.7.2.1.3. Análisis granulométrico del agregado grueso

Se tomó por el método de cuarteo una cantidad moderada de agregado grueso (3129 g), posteriormente, se preparó la muestra introduciendo en el horno el material a una temperatura de 110 ± 5 °C hasta obtener una masa seca constante, luego se sometió a un lavado siguiendo lo estipulado en la norma NTC 78, se secó en el horno y por último se pasó a realizar el tamizado pasando el material por una serie de tamices según la Norma Técnica Colombiana NTC 32. Los tamices utilizados fueron 1", 3/4", 1/2", 3/4" y No.4, ubicados de esta forma descendente según el diámetro de la abertura de la malla.

5.7.2.1.4. Peso específico del agregado grueso



Para la realización del ensayo de peso específico del agregado grueso se tomó como guía lo estipulado en la norma INV E – 223 – 13 y este procedimiento se describe a continuación:

Se tomó una muestra del agregado grueso por el método de cuarteo y tamizándola por el tamiz N°4 teniendo en cuenta que la cantidad debía ser como mínimo de 3000 g como lo estipula la tabla 223 – 1 de la norma INV E – 223 – 13, debido a que el tamaño máximo nominal fue de $\frac{3}{4}$ ", se lavaron las muestras para eliminar los finos que este agregado contenía. Esta muestra se secó en horno a una temperatura de 110 ± 5 °C y se dejó en reposo aproximadamente 2 horas, luego se sumergió en agua durante 24 horas para saturar el material, pasado este tiempo se secó el material con toallas absorbentes hasta que el agregado estuvo saturado superficialmente seco y registrando el valor de la masa SSS. Posterior a esto se pesó el agregado sumergido en agua en un recipiente enmallado y evitando dejar burbujas de aire en para no alterar el resultado, luego se secó ese material a una temperatura de 110 ± 5 °C y por último se tomó el peso de la muestra seca. (Ver Figura 18)

Figura 18.

Peso específico del agregado grueso



Actividad 5.7.2.2. Realizar el diseño de mezcla para un concreto de 3000 PSI

Se realizó el diseño de mezcla para 1,0 m³ de concreto sin reemplazo de cemento por ceniza, mediante la metodología ACI teniendo en cuenta los datos obtenidos en la actividad anterior.

- **Selección del asentamiento**

Para el diseño de mezcla de concreto se tomó un asentamiento de 80 cm, dicha selección se determinó con la Tabla 15 teniendo en cuenta los asentamientos recomendados para diversos tipos de construcción, sistemas de colocación y compactación del libro “Concreto Simple” de G. Rivera (2013).

Tabla 15.

Asentamientos recomendados para diversos tipos de construcción, sistemas de colocación y compactación

Consistencia	Asentamiento (mm)	Ejemplo de tipo de construcción	Sistema de colocación	Sistema de compactación
Muy seca	0-20	Prefabricados de alta resistencia, revestimiento de pantallas de cimentación.	Con vibradores de formaleta; concretos de proyección neumática (lanzados).	Secciones sujetas a vibración extrema, puede requerirse presión.
Seca	20-35	Pavimentos.	Pavimentadoras con terminadora vibratoria.	Secciones sujetas a vibración intensa.
Semi-seca	35-50	Pavimentos, fundaciones en concreto simple. Losas poco reforzadas.	Colocación con máquinas operadas manualmente.	Secciones simplemente reforzadas con vibración.
Media (plástica)	50-100	Pavimentos compactados a mano, losas, muros, vigas, columnas, cimentaciones.	Colocación manual.	Secciones simplemente reforzadas con vibración.
Húmeda	100-150	Elementos estructurales esbeltos o muy reforzados.	Bombeo.	Secciones bastante reforzadas con vibración.
Muy Húmeda	150-200	Elementos esbeltos, pilotes fundidos “in situ”.	Tubo embudo tremie.	Secciones altamente reforzadas sin vibración.
Super Fluida	Más de 200	Elementos muy esbeltos.	Autonivelante, autocompactante.	Secciones altamente reforzadas sin vibración y normalmente no adecuados para vibrarse.

Fuente. Concreto simple, Rivera 2013

- **Tamaño máximo nominal (TMN)**

El tamaño máximo nominal se obtuvo del ensayo de granulometría realizada al agregado grueso, el cual arrojó un TMN de 19 mm equivalentes a $\frac{3}{4}$ " debido a que este fue el tamiz inmediatamente siguiente del último tamiz donde el agregado paso el 100%.

- **Estimación de agua de la mezcla**

El contenido de agua de la mezcla se determinó por medio de la Tabla 16, donde se relaciona el asentamiento y el tamaño máximo nominal tomada del libro "Concreto Simple" de G. Rivera (2013). Dando como resultado una cantidad de agua de 200 kg/m³ y un contenido de aire de 2,0 %.

Tabla 16.

Cantidad de agua recomendada, en kg por m³ de concreto, para los tamaños máximos nominales indicados y de acuerdo con valor del asentamiento

ASENTAMIENTO (cm)	CONCRETOS SIN AIRE INCLUIDO						
	TAMAÑOS MÁXIMOS NOMINALES (mm)						
	10	13	19	25	38	50	75
0,0 – 2,5	185	180	185	180	140	135	125
3,0 – 5,0	205	200	185	180	160	155	145
5,5 – 7,5	215	210	190	185	170	165	155
8,0 – 10,0	225	215	200	195	175	170	165
10,5 – 15,0	235	225	205	200	180	175	170
15,5 – 18,0	240	230	210	205	185	180	175
% CONTENIDO DE AIRE	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,3

Fuente. Concreto simple, Rivera 2013

- **Resistencia de dosificación de la mezcla (f'_{cr})**

Para la determinación de la resistencia de dosificación de la mezcla (f'_{cr}) se implementó el método ACI siguiendo la ecuación (2):

$$f'c = f'_{cr} - 1,65\sigma$$

(2)

Donde:

$F'c$ = Resistencia a la compresión esperada

F'_{cr} = Resistencia de dosificación de la mezcla

σ = Desviación estándar

Para la determinación de la desviación estándar se tuvo en cuenta la Tabla 17, que relaciona el tipo de control de calidad en la elaboración de la mezcla que para el caso del presente proyecto fue deficiente con la resistencia de dosificación de la mezcla.

Tabla 17.

Desviación estándar según el control de calidad

Tipo de control	Desviación estándar
Muy bueno	0,07 f'cr
Bueno	0,14 f'cr
Regular	0,21 f'cr
Deficiente	0,28 f'cr

Con esta desviación estándar se procedió a reemplazarlo en la ecuación 2 y se realizaron las operaciones pertinentes.

$$f'c = f'cr - 1,65(0,28f'cr)$$

$$f'c = f'cr - 0,538f'cr$$

$$f'c = f'cr(1 - 0,538)$$

$$f'cr = \frac{f'c}{(1-0,538)}$$

$$f'cr = \frac{210 \text{ kg/cm}^2}{(1-0,538)}$$

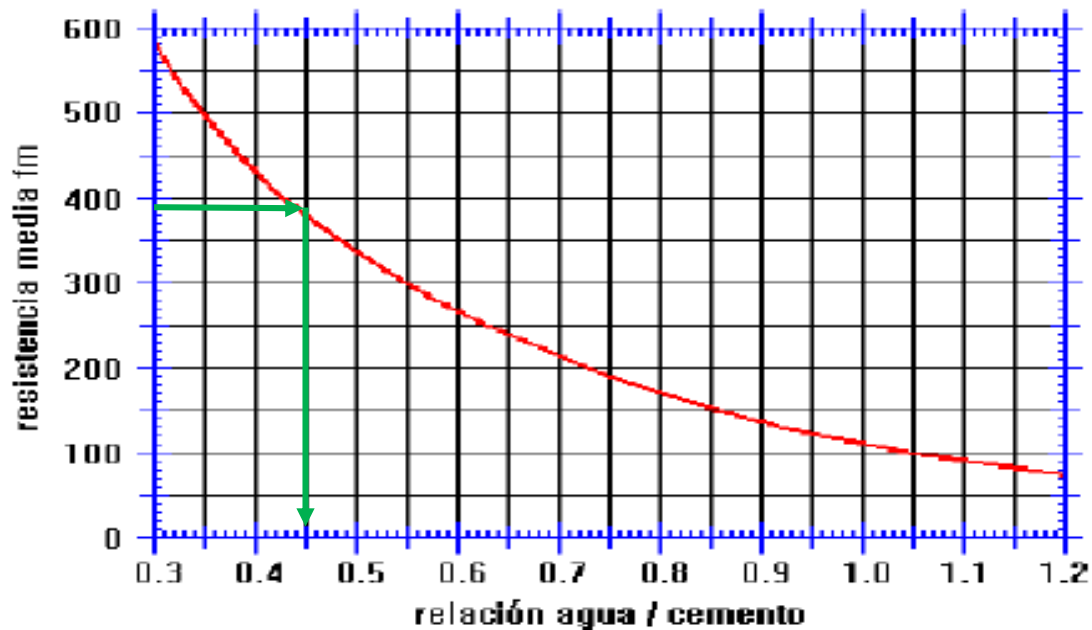
$$f'cr = 390,33 \text{ kg/cm}^2$$

- **Selección de la relación agua/cemento (A/C)**

Esta relación se halló con la gráfica de resistencia a la compresión vs relación A/C. Ubicando en el eje Y el valor de la resistencia a la compresión calculada y proyectando paralelamente al eje X hasta intersectar con la curva, en el punto de intersección se proyectó paralelamente al eje Y obteniendo de esta manera el valor de la relación A/C que para este proyecto arrojó un valor de A/C = 0,45. (Ver Figura 19)

Figura 19.

Resistencia a la compresión vs relación A/C



Fuente. Metodología ACI

- **Contenido de cemento**

Teniendo los valores de cantidad de agua y la relación A/C se procedió a calcular el contenido de cemento siguiendo la ecuación (3):

$$C = \frac{A}{A/C} \tag{3}$$

Donde:

C = Contenido de cemento en kg

A = Contenido de agua en kg

A/C = Relación A/C

$$C = \frac{200 \text{ kg}}{0.45}$$

$$C = 444 \text{ kg}$$



- **Volumen del agregado grueso (Vag)**

El volumen del agregado grueso fue de 0,64 m³, este se obtuvo teniendo en cuenta la Tabla 18, que relaciona el TMN y el módulo de finura obtenido en el análisis granulométrico de la arena el cual fue de 2,60.

Tabla 18.

Volumen de agregado grueso compactado con varilla, por volumen de concreto para módulo de finura de la arena

T max	Volumen de agregado grueso compactado con varilla , por volumen de concreto para módulo de finura de la arena de:			
(mm)	2,40	2,60	2,80	3,00
10	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
20	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
40	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
70	0,82	0,80	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

Fuente. Metodología ACI

- **Volumen de agregado fino (V_{af})**

El cálculo del volumen del agregado fino se realizó siguiendo lo establecido en la ecuación (4):

$$V_{af} = 1 - \frac{W_c}{G_c} - \frac{W_a}{G_a} - \frac{W_{ag}}{G_{ag}} - (1 * \%aire) \quad (4)$$

Donde:

V_{af} = Volumen de agregado fino en m³

W_c = Masa de cemento en kg

W_a = Masa de agua en kg

W_{ag} = Masa del agregado grueso en kg

G_c = Gravedad específica del cemento en kg/m^3

G_a = Gravedad específica del agua en kg/m^3

G_{ag} = Gravedad específica del agregado grueso en kg/m^3

Siguiendo con la lógica del procedimiento se calculó la masa del agregado grueso (W_{ag}) con la ecuación (5):

$$W_{ag} = V_{ag} * MUS_{ag} \quad (5)$$

Donde:

W_{ag} = Masa del agregado grueso en kg

V_{ag} = Volumen del agregado grueso en m^3

MUS_{ag} = Masa unitaria suelta del agregado grueso en kg/m^3

$$W_{ag} = 0,64 \text{ m}^3 * 1536 \text{ kg/m}^3$$

$$W_{ag} = 983,04 \text{ kg}$$

$$V_{ag} = \frac{Mag}{G. \text{especifica}}$$

$$V_{ag} = \frac{983,04 \text{ kg}}{0,002547 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}}$$

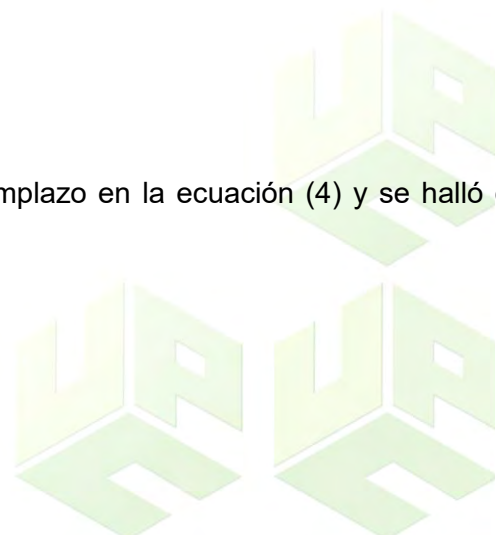
$$V_{ag} = 385,95 \text{ cm}^3$$

$$V_{ag} = 385,95 \text{ m}^3$$

Teniendo los datos completos se realizó el reemplazo en la ecuación (4) y se halló el volumen del agregado fino.

$$V_{af} = 1 - \frac{444 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{3100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} - \frac{200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} - \frac{983,04 \text{ kg}}{2547 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} - (1 * 0,020)$$

$$V_{af} = 0,25 \text{ m}^3$$



Seguido a esto se calculó la masa del agregado fino la cual se requerirá para el cálculo de las proporciones de la mezcla, esto se realizó con la ecuación (6).

$$Waf = Vaf * Daf \quad (6)$$

Donde:

Waf = Masa del agregado fino en kg

Vaf = Volumen de agregado fino en m³

Daf = Densidad del agregado fino en kg/m³

$$Waf = 0,25 \text{ m}^3 * 2613 \text{ kg/m}^3$$

$$Waf = 655 \text{ kg}$$

- **Proporciones de la mezcla en peso y volumen**

Las proporciones de la mezcla en peso se rigen por la ecuación (7):

$$\frac{A}{C} : \frac{Wc}{Wc} : \frac{Waf}{Wc} : \frac{Wag}{Wc} \quad (7)$$

$$0,45 : \frac{444 \text{ kg}}{444 \text{ kg}} : \frac{655 \text{ kg}}{444 \text{ kg}} : \frac{983 \text{ kg}}{444 \text{ kg}}$$

$$0,45 : 1 : 1,46 : 2,21$$

Las proporciones de la mezcla en peso se rigen por la ecuación (8)

$$\frac{A}{C} : \frac{Vc}{Vc} : \frac{Vaf}{Vc} : \frac{Vag}{Vc} \quad (8)$$

$$0,45 : \frac{0,14 \text{ m}^3}{0,14 \text{ m}^3} : \frac{0,25 \text{ m}^3}{0,14 \text{ m}^3} : \frac{0,38 \text{ m}^3}{0,14 \text{ m}^3}$$

$$0,45 : 1 : 1,75 : 2,69$$

NOTA: Las cantidades calculadas se realizaron para 1,0 m³ de concreto por lo que a continuación en la Tabla 19 se presentan las cantidades en masa (kg) para seis cilindros con dimensiones 6x12 pulgadas:

Tabla 19.

Cantidades para seis cilindros de 6x12 pulgadas – mezcla patrón

TRATAMIENTO	ARENA (kg)	GRAVA (kg)	AGUA (kg)	CEMENTO (kg)	CENIZA (kg)
Sin ceniza	21,9	32,8	6,7	14,8	0

Actividad 5.7.2.3. Realizar los ajustes al diseño de mezcla.

Se ajustó el diseño de mezcla reemplazando parcialmente el cemento por ceniza del bagazo de la caña de azúcar. Se obtuvieron 3 diseños de mezcla adicionales con reemplazo de cemento por ceniza del 5%, 10% y 15%, con el fin de hacer la comparación entre los diseños de mezcla con cenizas y la mezcla patrón.

Las cantidades del cemento del diseño de mezcla patrón (sin ceniza) fueron cambiadas según el porcentaje que fue reemplazado, esto se logró siguiendo la ecuación (9) y los resultados se evidencian en la Tabla 20.

$$W_{cz} = W_c * \%reemplazado \quad (9)$$

Tabla 20.

Cantidades para seis cilindros de 6x12 pulgadas mezclas ajustadas

TRATAMIENTO	ARENA (kg)	GRAVA (kg)	AGUA (kg)	CEMENTO (kg)	CENIZA (kg)
5% de ceniza	21,9	32,8	6,7	14,1	0,7
10% de ceniza	21,9	32,8	6,7	13,3	1,5
15% de ceniza	21,9	32,8	6,7	12,6	2,2

5.7.3. Etapa 3: Elaboración de los Cilindros con los Diferentes Porcentajes de Ceniza y una sin la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar Como Muestra de Comparación

Actividad 5.7.3.1. Fundición de los cilindros de concreto

Se elaboraron los cilindros de dimensiones 6 x 12 pulgadas con los cuatros diseños de mezcla realizados (5%, 10%, 15% de ceniza y 100% de cemento), se hicieron 6 cilindros por cada diseño de mezcla planteado (dos por cada tiempo de rotura 7, 14 y 28 días) para un total de 24 cilindros.

5.7.3.1.1. Elaboración de mezcla patrón

En esta actividad se elaboró la mezcla de concreto para el diseño sin contenido de ceniza. Se pesaron los materiales (agregado fino, agregado grueso y cemento) según lo estipulado en el diseño previamente realizado, se colocaron los agregados en una mezcladora mecánica seguido del cemento y por último el agua como lo muestra la Figura 20.

Figura 20.

Elaboración de la mezcla sin ceniza



Se prepararon los moldes de cilindros 6 x 12 con ACPM para evitar que el concreto se adhiriera a las paredes de los moldes, luego de realizada la mezcla se pasó a agregarla a los moldes uno por uno, en tres capas compactadas con una barra dando 25 golpes por capa, se golpearon las paredes con un martillo de goma en cada capa para eliminar las cámaras o

burbujas de aire que se pudieron generar en el proceso, se enraso con la barra y se dejó en el molde por 24 horas. Luego de este tiempo se desencofraron los cilindros de concreto y se ingresaron a la piscina de curado a una temperatura entre 23 a 24 °C. (Ver Figura 21)

Figura 21.

Elaboración de cilindros sin ceniza

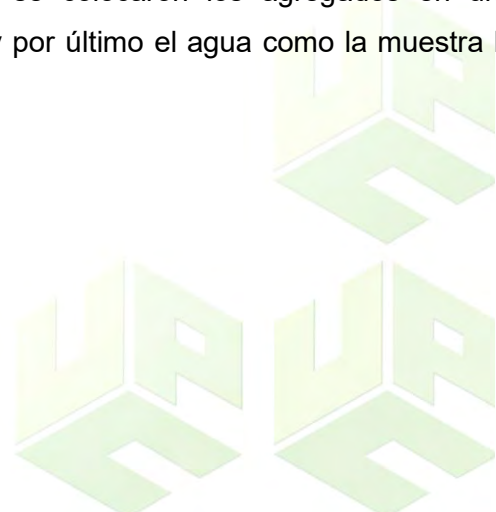


5.7.3.1.2. Elaboración de mezcla con el 5% de ceniza

En esta actividad se elaboró la mezcla de concreto para el diseño con un reemplazo parcial (5%) de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar. Se pesaron los materiales (agregado fino, agregado grueso, cemento y ceniza) según lo estipulado en el diseño previamente realizado y ajustado con el reemplazo, se colocaron los agregados en una mezcladora mecánica seguido del cemento, la ceniza y por último el agua como la muestra la Figura 22.

Figura 22.

Elaboración de la mezcla con el 5% de ceniza





Se prepararon los moldes de cilindros 6 x 12 con ACPM para evitar que el concreto se adhiriera a las paredes de los moldes, luego de realizada la mezcla se pasó a agregarla a los moldes uno por uno, en tres capas compactadas con una barra dando 25 golpes por capa, se golpearon las paredes con un martillo de goma en cada capa para eliminar las cámaras o burbujas de aire que se pudieron generar en el proceso, se engraso con la barra y se dejó en el molde por 24 horas. Luego de este tiempo se desencofraron los cilindros de concreto y se ingresaron a la piscina de curado a una temperatura entre 23 a 24 °C. (Ver Figura 23)

Figura 23.

Elaboración de cilindros con el 5% de ceniza



5.7.3.1.3. Elaboración de mezcla con el 10% de ceniza

En esta actividad se elaboró la mezcla de concreto para el diseño con un reemplazo parcial (10%) de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar. Se pesaron los materiales (agregado fino, agregado grueso, cemento y ceniza) según lo estipulado en el diseño previamente realizado y ajustado con el reemplazo, se colocaron los agregados en una mezcladora mecánica seguido del cemento, la ceniza y por último el agua. (Ver Figura 24)

Figura 24.

Elaboración de la mezcla con el 10% de ceniza



Se prepararon los moldes de cilindros 6 x 12 con ACPM para evitar que el concreto se adhiriera a las paredes de los moldes, luego de realizada la mezcla se pasó a agregarla a los moldes uno por uno, en tres capas compactadas con una barra dando 25 golpes por capa, se golpearon las paredes con un martillo de goma en cada capa para eliminar las cámaras o burbujas de aire que se pudieron generar en el proceso, se enraso con la barra y se dejó en el molde por 24 horas. Luego de este tiempo se desencofraron los cilindros de concreto y se ingresaron a la piscina de curado a una temperatura entre 23 a 24 °C. (Ver figura 25)

Figura 25.

Elaboración de cilindros con el 10% de ceniza





5.7.3.1.4. *Elaboración de mezcla con el 15% de ceniza*

En esta actividad se elaboró la mezcla de concreto para el diseño sin contenido de ceniza. Se pesaron los materiales (agregado fino, agregado grueso y cemento) según lo estipulado en el diseño previamente realizado y ajustado con el reemplazo, se colocaron los agregados en una mezcladora mecánica seguido del cemento, la ceniza y por último el agua como la muestra la Figura 26.

Figura 26.

Elaboración de la mezcla con el 15% de ceniza



Se prepararon los moldes de cilindros 6 x 12 con ACPM para evitar que el concreto se adhiriera a las paredes de los moldes, luego de realizada la mezcla se pasó a agregarla a los

moldes uno por uno, en tres capas compactadas con una barra dando 25 golpes por capa, se golpearon las paredes con un martillo de goma en cada capa para eliminar las cámaras o burbujas de aire que se pudieron generar en el proceso, se engraso con la barra y se dejó en el molde por 24 horas. Luego de este tiempo se desencofraron los cilindros de concreto y se ingresaron a la piscina de curado a una temperatura entre 23 a 24 °C. (Ver Figura 27)

Figura 27.

Elaboración de cilindros con el 15% de ceniza



5.7.4. Etapa 4: Validación de los Resultados de las Pruebas de Resistencia a la Compresión Pasados los 7, 14 y 28 Días

Los ensayos de resistencia a la compresión se realizaron siguiendo el procedimiento de la norma INV E – 410 del INVIAS. De esta norma se obtuvieron datos claves para el éxito y buena práctica del ensayo, como el plazo de tiempo entre la extracción, el área de curado y su rotura, las condiciones de colocación del cilindro en la máquina y la velocidad de carga, la cual estipula que debe ser $0,25 \pm 0,05$ MPa/s.

Actividad 5.7.4.1. Elaborar los ensayos de resistencia a la compresión a los cilindros

Se realizaron las pruebas de compresión de cilindros, estos se hicieron de la siguiente manera: Se sometió a fallar 2 cilindros por cada diseño a los 7 días de su elaboración, 2 por cada diseño a los 14 días de su elaboración y por último 2 a los 28 días de su elaboración.

5.7.4.1.1. Ensayo de resistencia a la compresión a los cilindros sin ceniza

- **Cilindros sin cenizas a los 7 días**

Se realizó la extracción de los dos cilindros de la piscina de curado demarcados para fallar a los 7 días de la fecha de fundida, se tomaron los datos de altura, diámetro y peso, posteriormente se llevó a la máquina de compresión colocándole tapas no adheridas con almohadillas de neopreno de 6" en la parte superior e inferior del cilindro como se evidencia en la Figura 28. Esto se realizó inmediatamente después de sacar los cilindros del área de curado para cumplir con lo estipulado en la norma INV E – 410.

Figura 28.

Toma de datos – cilindros sin cenizas a los 7 días



Posterior a la toma de datos se fallaron los cilindros a los 7 días de su fundida, estas roturas se realizaron a una velocidad entre $0,25 \pm 0,05$ MPa/s como se muestra en la Figura 29.

Figura 29.

Ensayo resistencia a la compresión - cilindros sin cenizas a los 7 días



- **Cilindros sin cenizas a los 14 días**

Se realizó la extracción de los dos cilindros de la piscina de curado demarcados para fallar a los 14 días de la fecha de fundida, se tomaron los datos de altura, diámetro y peso, posteriormente se llevó a la máquina de compresión colocándole tapas no adheridas con almohadillas de neopreno de 6" en la parte superior e inferior del cilindro como se evidencia en la Figura 30. Esto se realizó inmediatamente después de sacar los cilindros del área de curado para cumplir con lo estipulado en la norma INV E – 410.

Figura 30.

Toma de datos – cilindros sin cenizas a los 14 días



Posterior a la toma de datos se fallaron los cilindros a los 14 días de su fundida, estas roturas se realizaron a una velocidad entre $0,25 \pm 0,05$ MPa/s como se muestra en la Figura 31.

Figura 31.

Ensayo resistencia a la compresión - cilindros sin cenizas a los 14 días



- **Cilindros sin cenizas a los 28 días**

Se realizó la extracción de los dos cilindros de la piscina de curado demarcados para fallar a los 28 días de la fecha de fundida, se tomaron los datos de altura, diámetro y peso, posteriormente se llevó a la máquina de compresión colocándole tapas no adheridas con almohadillas de neopreno de 6" en la parte superior e inferior del cilindro como se evidencia en la Figura 32. Esto se realizó inmediatamente después de sacar los cilindros del área de curado para cumplir con lo estipulado en la norma INV E – 410.

Figura 32.

Toma de datos – cilindros sin cenizas a los 28 días



Posterior a la toma de datos se fallaron los cilindros a los 28 días de su fundida, estas roturas se realizaron a una velocidad entre $0,25 \pm 0,05$ MPa/s como se muestra en la Figura 33.

Figura 33.

Ensayo resistencia a la compresión - cilindros sin cenizas a los 28 días



5.7.4.1.2. Ensayo de resistencia a la compresión a los cilindros – 5% de ceniza

- **Cilindros con 5% de ceniza a los 7 días**

Se realizó la extracción de los dos cilindros de la piscina de curado demarcados para fallar a los 7 días de la fecha de fundida, se tomaron los datos de altura, diámetro y peso, posteriormente se llevó a la máquina de compresión colocándole tapas no adheridas con almohadillas de neopreno de 6” en la parte superior e inferior del cilindro como se evidencia en la Figura 34. Esto se realizó inmediatamente después de sacar los cilindros del área de curado para cumplir con lo estipulado en la norma INV E – 410.

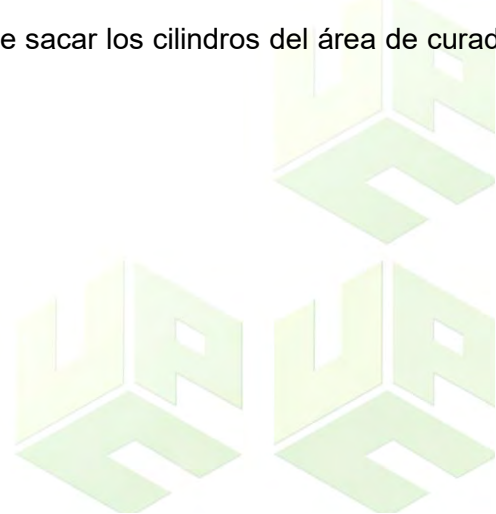


Figura 34.

Toma de datos – cilindros con 5% de ceniza a los 7 días



Posterior a la toma de datos se fallaron los cilindros a los 7 días de su fundida, estas roturas se realizaron a una velocidad entre $0,25 \pm 0,05$ MPa/s como se muestra en la Figura 35.

Figura 35.

Ensayo resistencia a la compresión - cilindros con 5% de ceniza a los 7 días



- **Cilindros con 5% de ceniza a los 14 días**

Se realizó la extracción de los dos cilindros de la piscina de curado demarcados para fallar a los 14 días de la fecha de fundida, se tomaron los datos de altura, diámetro y peso, posteriormente se llevó a la máquina de compresión colocándole tapas no adheridas con almohadillas de neopreno de 6" en la parte superior e inferior del cilindro como se evidencia en la Figura 36. Esto se realizó inmediatamente después de sacar los cilindros del área de curado para cumplir con lo estipulado en la norma INV E – 410.

Figura 36.

Toma de datos – cilindros con 5% de ceniza a los 14 días



Posterior a la toma de datos se fallaron los cilindros a los 14 días de su fundida, estas roturas se realizaron a una velocidad entre $0,25 \pm 0,05$ MPa/s como se muestra en la Figura 37.

Figura 37.

Ensayo resistencia a la compresión - cilindros con 5% de ceniza a los 14 días



- **Cilindros con 5% de ceniza a los 28 días**

Se realizó la extracción de los dos cilindros de la piscina de curado demarcados para fallar a los 28 días de la fecha de fundida, se tomaron los datos de altura, diámetro y peso, posteriormente se llevó a la máquina de compresión colocándole tapas no adheridas con almohadillas de neopreno de 6" en la parte superior e inferior del cilindro como se evidencia en la Figura 38. Esto se realizó inmediatamente después de sacar los cilindros del área de curado para cumplir con lo estipulado en la norma INV E – 410.

Figura 38.

Toma de datos – cilindros con 5% de ceniza a los 28 días



Posterior a la toma de datos se fallaron los cilindros a los 28 días de su fundida, estas roturas se realizaron a una velocidad entre $0,25 \pm 0,05$ MPa/s como se muestra en la Figura 39.

Figura 39.

Ensayo resistencia a la compresión - cilindros con 5% de ceniza a los 28 días



5.7.4.1.3. Ensayo de resistencia a la compresión a los cilindros – 10% de ceniza

- **Cilindros con 10% de ceniza a los 7 días**

Se realizó la extracción de los dos cilindros de la piscina de curado demarcados para fallar a los 7 días de la fecha de fundida, se tomaron los datos de altura, diámetro y peso, posteriormente se llevó a la máquina de compresión colocándole tapas no adheridas con almohadillas de neopreno de 6” en la parte superior e inferior del cilindro como se evidencia en la Figura 40. Esto se realizó inmediatamente después de sacar los cilindros del área de curado para cumplir con lo estipulado en la norma INV E – 410.

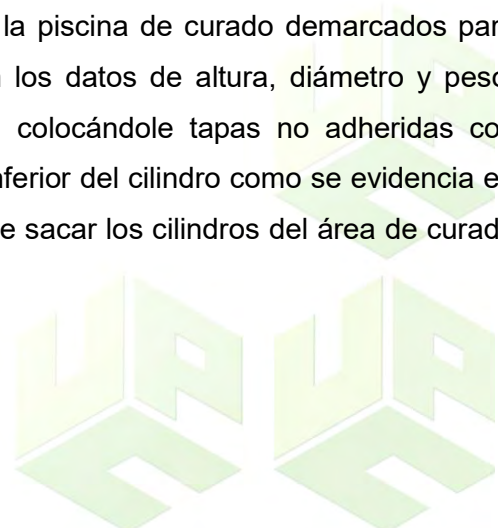


Figura 40.

Toma de datos – cilindros con 10% de ceniza a los 7 días



Posterior a la toma de datos se fallaron los cilindros a los 7 días de su fundida, estas roturas se realizaron a una velocidad entre $0,25 \pm 0,05$ MPa/s como se muestra en la Figura 41.

Figura 41.

Ensayo resistencia a la compresión - cilindros con 10% de ceniza a los 7 días



- **Cilindros con 10% de ceniza a los 14 días**

Se realizó la extracción de los dos cilindros de la piscina de curado demarcados para fallar a los 14 días de la fecha de fundida, se tomaron los datos de altura, diámetro y peso, posteriormente se llevó a la máquina de compresión colocándole tapas no adheridas con almohadillas de neopreno de 6" en la parte superior e inferior del cilindro como se evidencia en la Figura 42. Esto se realizó inmediatamente después de sacar los cilindros del área de curado para cumplir con lo estipulado en la norma INV E – 410.

Figura 42.

Toma de datos – cilindros con 10% de ceniza a los 14 días



Posterior a la toma de datos se fallaron los cilindros a los 14 días de su fundida, estas roturas se realizaron a una velocidad entre $0,25 \pm 0,05$ MPa/s como se muestra en la Figura 43.

Figura 43.

Ensayo resistencia a la compresión - cilindros con 10% de ceniza a los 14 días



- **Cilindros con 10% de ceniza a los 28 días**

Se realizó la extracción de los dos cilindros de la piscina de curado demarcados para fallar a los 28 días de la fecha de fundida, se tomaron los datos de altura, diámetro y peso, posteriormente se llevó a la máquina de compresión colocándole tapas no adheridas con almohadillas de neopreno de 6" en la parte superior e inferior del cilindro como se evidencia en la Figura 44. Esto se realizó inmediatamente después de sacar los cilindros del área de curado para cumplir con lo estipulado en la norma INV E – 410.

Figura 44.

Toma de datos – cilindros con 10% de ceniza a los 28 días



Posterior a la toma de datos se fallaron los cilindros a los 28 días de su fundida, estas roturas se realizaron a una velocidad entre $0,25 \pm 0,05$ MPa/s como se muestra en la Figura 45.

Figura 45.

Ensayo resistencia a la compresión - cilindros con 10% de ceniza a los 28 días



5.7.4.1.4. Ensayo de resistencia a la compresión a los cilindros – 15% de ceniza

- **Cilindros con 15% de ceniza a los 7 días**

Se realizó la extracción de los dos cilindros de la piscina de curado demarcados para fallar a los 7 días de la fecha de fundida, se tomaron los datos de altura, diámetro y peso, posteriormente se llevó a la máquina de compresión colocándole tapas no adheridas con almohadillas de neopreno de 6" en la parte superior e inferior del cilindro como se evidencia en la Figura 46. Esto se realizó inmediatamente después de sacar los cilindros del área de curado para cumplir con lo estipulado en la norma INV E – 410.

Figura 46.

Toma de datos – cilindros con 15% de ceniza a los 7 días



Posterior a la toma de datos se fallaron los cilindros a los 7 días de su fundida, estas roturas se realizaron a una velocidad entre $0,25 \pm 0,05$ MPa/s como se muestra en la Figura 47.

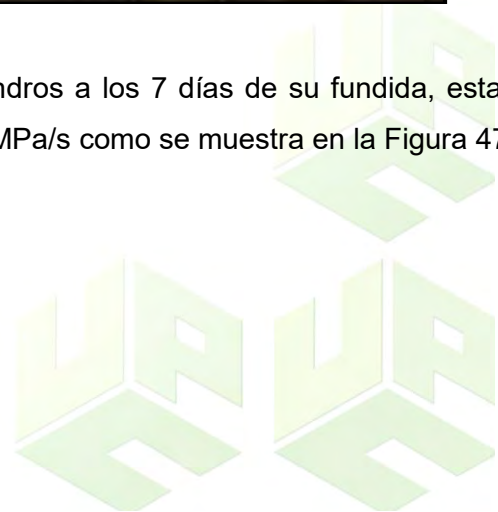


Figura 47.

Ensayo resistencia a la compresión - cilindros con 15% de ceniza a los 7 días



- **Cilindros con 15% de ceniza a los 14 días**

Se realizó la extracción de los dos cilindros de la piscina de curado demarcados para fallar a los 14 días de la fecha de fundida, se tomaron los datos de altura, diámetro y peso, posteriormente se llevó a la máquina de compresión colocándole tapas no adheridas con almohadillas de neopreno de 6" en la parte superior e inferior del cilindro como se evidencia en la Figura 48. Esto se realizó inmediatamente después de sacar los cilindros del área de curado para cumplir con lo estipulado en la norma INV E – 410.

Figura 48.

Toma de datos – cilindros con 15% de ceniza a los 14 días



Posterior a la toma de datos se fallaron los cilindros a los 14 días de su fundida, estas roturas se realizaron a una velocidad entre $0,25 \pm 0,05$ MPa/s como se muestra en la Figura 49.

Figura 49.

Ensayo resistencia a la compresión - cilindros con 15% de ceniza a los 14 días



- **Cilindros con 15% de ceniza a los 28 días**

Se realizó la extracción de los dos cilindros de la piscina de curado demarcados para fallar a los 28 días de la fecha de fundida, se tomaron los datos de altura, diámetro y peso, posteriormente se llevó a la máquina de compresión colocándole tapas no adheridas con almohadillas de neopreno de 6" en la parte superior e inferior del cilindro como se evidencia en la Figura 50. Esto se realizó inmediatamente después de sacar los cilindros del área de curado para cumplir con lo estipulado en la norma INV E – 410.

Figura 50.

Toma de datos – cilindros con 15% de ceniza a los 28 días



Posterior a la toma de datos se fallaron los cilindros a los 28 días de su fundida, estas roturas se realizaron a una velocidad entre 0.25 ± 0.05 MPa/s como se muestra en la Figura 51.

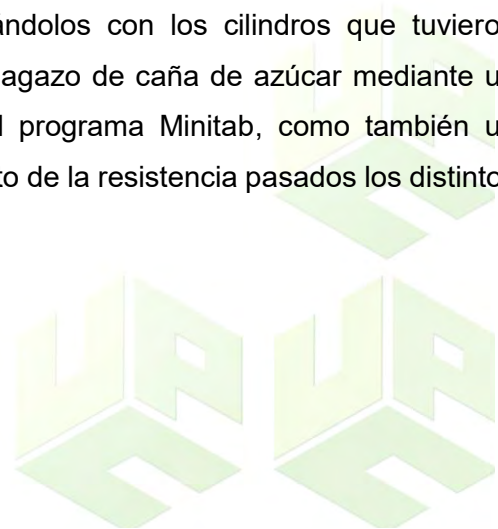
Figura 51.

Ensayo resistencia a la compresión - cilindros con 15% de ceniza a los 28 días



Actividad 5.7.4.2. Comparar los Resultados de los Cilindros sin Ceniza y los Cilindros con Ceniza

Se realizó la respectiva comparación de los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia a la compresión de cilindros 6x12", tomando como referencia la resistencia de los cilindros que no se le añadieron cenizas y contrastándolos con los cilindros que tuvieron porcentajes de cemento reemplazados por ceniza de bagazo de caña de azúcar mediante un diseño factorial de múltiples variables realizado en el programa Minitab, como también un ANOVA de un solo factor para analizar el comportamiento de la resistencia pasados los distintos intervalos de tiempo.



Actividad 5.7.4.3. Análisis de costo – beneficio

Se elaboró un análisis de costos – beneficio con el fin de dar a conocer las ventajas o no, que tiene la implementación de la ceniza de bagazo de caña de azúcar como alternativa de reemplazo parcial del cemento en la mezcla de concreto.

5.7.4.3.1. Recolección información de concreto convencional

Se consultó el valor promedio del concreto convencional compuesto por agregado grueso (grava), agregado fino (arena), cemento y agua para una resistencia de 3000 psi.

5.7.4.3.2. Análisis costo – beneficio

Se determinó la relación entre el costo y el beneficio de la fabricación del concreto convencional y la elaboración del concreto con un reemplazo parcial del cemento por cenizas de bagazo de caña de azúcar para conocer la rentabilidad y sostenibilidad del mismo.



6. Resultados y Análisis de Resultados

En este capítulo se observan los resultados obtenidos de los ensayos realizados a los materiales utilizados para la elaboración de cilindros de concreto, donde se ve la calidad de los mismos y que tan acorde están con la normatividad que rige cada ensayo.

6.1. Análisis Químico de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar

Teniendo en cuenta la caracterización química de la ceniza obtenida de los ensayos de laboratorio realizados por parte del laboratorio ANALQUIM LTDA (ver anexos), en la Tabla 21 se puede observar que la suma de los contenidos de cada uno de los compuestos analizados están muy por debajo del 70% que especifica la norma NTC 3493, la cual especifica las condiciones químicas o mineralógica que debe cumplir las cenizas o aditivos por lo que no es posible clasificarlos en ninguna clase que especifica la Tabla 22.

Tabla 21.

Caracterización química de la Ceniza de bagazo de caña de azúcar

ENSAYOS	RESULTADOS
Al ₂ O ₃ (%)	0,0016
Fe ₂ O ₃ (%)	0,00063
SiO ₂ (%)	1,53
Total (%)	1,53273

Al ser en este caso en particular el contenido de sílice mínimo, indica que no hubo una combustión a la temperatura adecuada, es decir entre 500 °C y 700 °C donde se genera también una ceniza con características amorfas. Sin embargo, su composición mineralógica dio pie a que actuara con propiedades puzolánicas clasificándose, así como una ceniza clase F según la norma ASTM C618.

Tabla 22.

Clasificación de aditivos minerales

Requisitos	Clase de aditivo mineral		
	N	F	C
- Dioxido de Silice (SiO ₂) + Oxido de Aluminio (Al ₂ O ₃) + Oxido de Hierro (Fe ₂ O ₃) (%min)	70.00	70.00	70.00
- Trióxido de Azufre (SO ₃) (%max)	4.0	5.0	5.0
- Contenido de humedad, (%max)	3.0	3.0	3.0
- Perdida al fuego (%max)	10.0	6.0 ^A	6.0

Fuente. Norma técnica colombiana, NTC 3493

6.2. Análisis de la Caracterización Química Según Distintos Autores

En la tesis *Efecto de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en la resistencia a la compresión del concreto* realizada por PASTOR SIMÓN, Hary Hernando (2017), aportan a su información los principales elementos químicos del cemento que son sílice, alúmina y el óxido férrico; la ceniza de bagazo de caña de azúcar posee una composición química de estos elementos de la siguiente manera:

- Sílice (SiO₂) = 72.74
- Alúmina (Al₂O₃) = 5.26
- Oxido férrico (Fe₂O₃) = 3.92

Pastor Hary, se guio de la investigación titulada *Propiedades puzolánicas de desechos de la industria azucarera* llevada a cabo por Hernández y Betancourt (2000) donde afirman que

las cantidades de CBCA dada anteriormente, satisfacen las exigencias del ASTM para cenizas tipo F.

Durán y Velásquez (2012), menciona las diferentes formas de clasificación de la CBCA, desde su origen hasta su composición química, resaltando autores donde llevan a cabo estudios para hallar la composición química de la ceniza de bagazo de caña de azúcar; entre los mencionados se encuentra que Torres Agredo, et al, consideró la viabilidad técnica para el uso de la CBCA como reemplazo parcial del cemento Portland; en los ensayos se caracterizaron dos muestras de CBCA de una industria azucarera colombiana, en los cuales la composición química presentó altos porcentajes de sílice en un 76.3% y 63.2%. La actividad puzolánica de la CBCA fue evaluada utilizando el ensayo de Frattini y el índice de actividad por resistencia mecánica (IAR). La norma ASTM C618 define un índice IAR de al menos el 75% para clasificar un material como una puzolana; esta condición fue alcanzada en estos ensayos. Los resultados indican que la CBCA puede ser reciclada como un material puzolánico en la fabricación de cementos comerciales, de esta forma dicho material suplementario puede reemplazar parcialmente el cemento y por lo tanto reducir las emisiones de CO₂. (Torres, Mejía, Eacandon y Gonzales, 2014).

Por otra parte, también es mencionado Tolero, citado por Truzilewics (2013), donde explica que la CBCA se clasifica en una gama de naturaleza silíceo y de carácter químico silícico, esto se debe a su contenido en sílice reactiva, SiO₂r-, que es elevado en cantidad y curado hídrico adecuado, eleva las resistencias sulfáticas del cemento portland ordinario, pero disminuye sus resistencias mecánicas y su resistencia a la corrosión electroquímica de las armaduras de su hormigón armado.

6.3. Análisis de Granulométrico de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar

Como se puede evidenciar en la Tabla 23 y Figura 52 estas cenizas no cuentan con una gran cantidad de finos debido a que solo el 19.3% pasa por el tamiz N° 200 el cual corresponde a todo el material perdido en el lavado de la muestra por el tamiz en mención, estos resultados se presentan de igual forma los anexos.

Tabla 23.

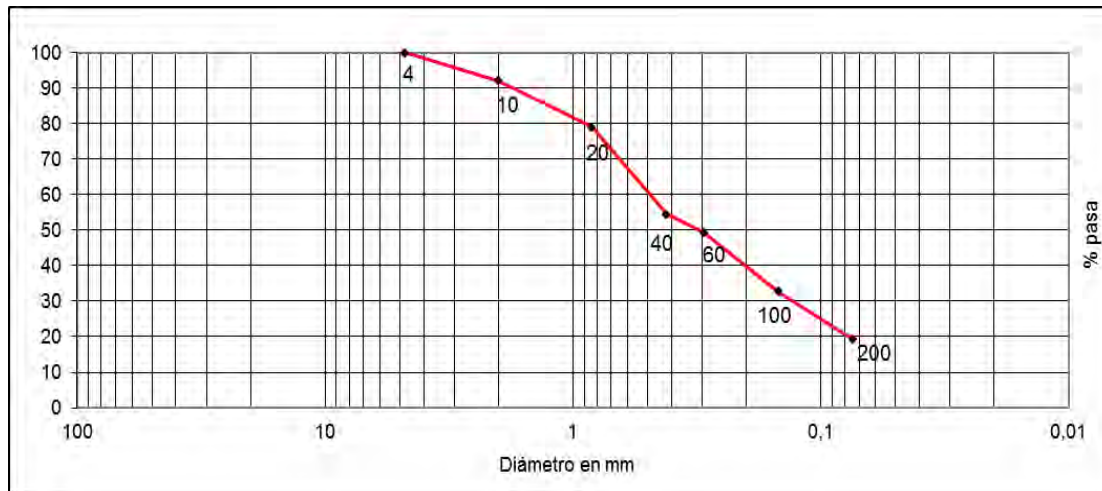
Análisis granulométrico de la ceniza de caña de azúcar

CENIZA DE BAGZO DE CAÑA DE AZUCAR					
GRADACION		P1	975,50	P2	787,6
Tamiz	Diám. mm	Peso ret.	% Retenido	% Ret. Acum	% Pasa
3/8	9,52	0,0	0,0	0,0	100,0
4	4,76	0,0	0,0	0,0	100,0
10	2,00	77,1	7,9	7,9	92,1
20	0,84	127,5	13,1	21,0	79,0
40	0,42	238,4	24,4	45,4	54,6
60	0,297	50,0	5,1	50,5	49,5
100	0,149	162,4	16,6	67,2	32,8
200	0,074	132,2	13,6	80,7	19,3
P 200		187,90	19,3	100,0	0,0

Fuente. VYO INGENIERIA SAS

Figura 52.

Grafica del %pasa por el tamiz N°200 de la ceniza de bagazo de caña de azúcar



Fuente. VYO INGENIERIA SAS

6.4. Análisis de Granulométrico del Agregado Fino

Como se puede apreciar en la Tabla 24 y Figura 53 la distribución granulométrica de la arena o bien llamada también gradación de la arena se encuentra dentro de los límites permisibles estipulados por el artículo 630 de la norma INVIAS, por lo que cumple y es

granulométricamente acta para las mezclas de concreto. Estos resultados se encuentran también en los anexos.

Tabla 24.

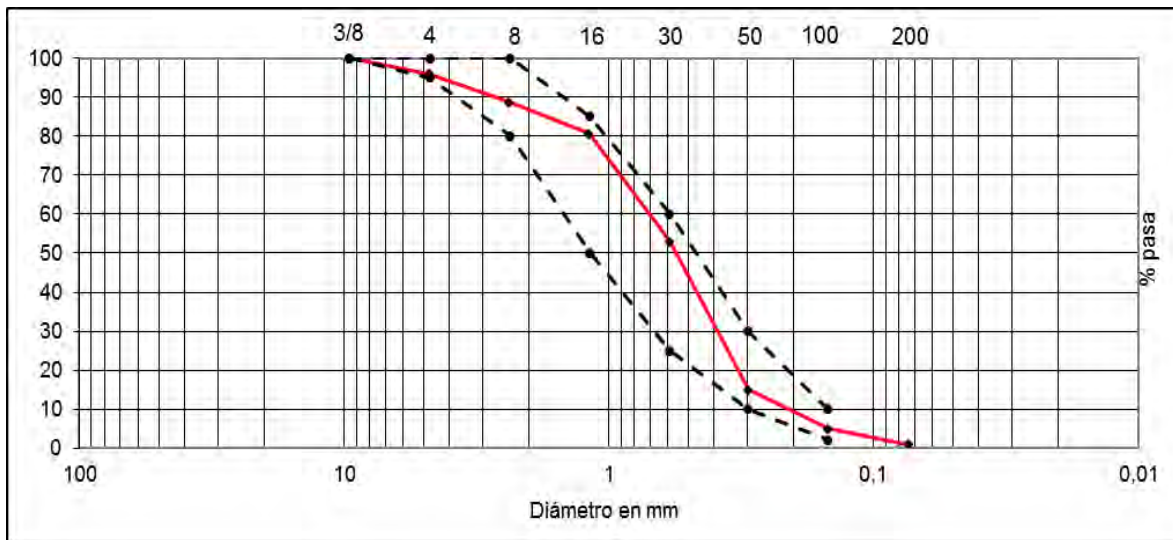
Análisis granulométrico del agregado fino

AGREGADO FINO					
GRADACION		P1	1732,51	P2	1716,2
Tamiz	Diám. mm	Peso ret.	% Retenido	% Ret. Acum	% Pasa
3"	76,2	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,8	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,1	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,4	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,1	0,0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,7	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,52	0,0	0,0	0,0	100,0
4"	4,76	68,9	4,0	4,0	96,0
8"	2,38	126,8	7,3	11,3	88,7
16"	1,19	137,5	7,9	19,2	80,8
30"	0,59	482,7	27,9	47,1	52,9
50"	0,297	659,2	38,0	85,1	14,9
100"	0,149	172,8	10,0	95,1	4,9
200"	0,074	68,3	3,9	99,1	0,9
P 200"		16,31	0,9	100,0	0,0

Fuente. VYO INGENIERIA SAS

Figura 53.

Grafica del %pasa por el tamiz N°200 del agregado fino



Fuente. VYO INGENIERIA SAS

6.5. Análisis de Granulométrico del Agregado Grueso

En la Tabla 25 se muestra la gradación de la grava y en la Figura 54 se ilustra la distribución granulométrica que se encuentra dentro de los límites permisibles estipulados por el artículo 630 de la norma INVIAS (Tabla 26), por lo que cumple para un agregado AG-25 al tener un tamaño máximo de 1" y un tamaño máximo nominal de ¾" y es granulométricamente acta para las mezclas de concreto. Estos resultados se encuentran también en los anexos.

Tabla 25.

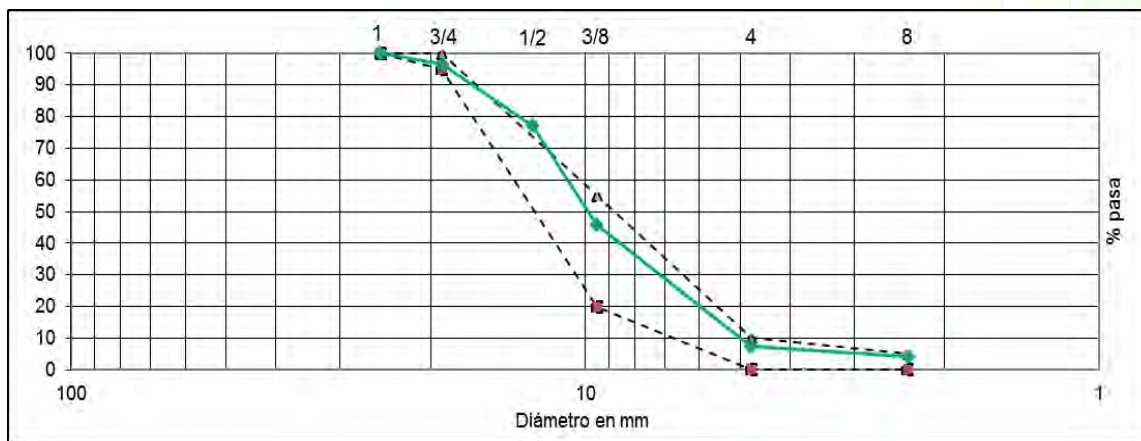
Análisis granulométrico del agregado grueso

AGREGADO GRUESO					
GRADACION		P 1	3125,288	P 2	2993,7
Tamiz	Diám. mm	Peso ret.	% Retenido	% Ret. Acum	% Pasa
2 1/2"	63,0	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,0	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	37,5	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,0	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,0	108,6	3,5	3,5	96,5
1/2"	12,7	608,7	19,5	23,0	77,0
3/8"	9,52	978,3	31,3	54,3	45,7
4"	4,76	1199,5	38,4	92,6	7,4
8"	2,36	98,6	3,2	95,8	4,2
P 200		131,59	4,2	100,0	0,0

Fuente. VYO INGENIERIA SAS

Figura 54.

Grafica del %pasa por el tamiz N°200 del agregado grueso



Fuente. VYO INGENIERIA SAS

Tabla 26.

Franjas granulométricas de agregado grueso para concreto estructural

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)								
	63	50	37.5	25.0	19.0	12.5	9.5	4.75	2.36
	2,5 "	2"	1 1/2 "	1 "	3/4 "	1/2 "	3/8 "	No. 4	No. 8
PORCENTAJE QUE PASA (%)									
AG-19	-	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5
AG-25	-	-	-	100	95-100	-	20-55	0-10	0-5
AG-38	-	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5
AG-50-1	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5	-
AG-63-1	100	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5	-
AG-50-2	-	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5	-	-
AG-63-2	100	95-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-

Fuente. INVIAS – Art 630

6.6. Peso Específico del Agregado Fino

Teniendo en cuenta los resultados arrojados en el ensayo de gravedad específica y masa unitaria tanto suelta y compacta del agregado fino (Tabla 27), se observa que el peso específico cumple con lo estipulado en la norma de INVIAS al estar en el rango de 2,3 a 2,8 g/cm³, sin embargo, el porcentaje de absorción no cumple al estar por encima del 4% que exige la norma. En anexos se presentan a detalle los resultados. (Ver anexos)



Tabla 27.*Gravedad específica y masa unitaria del agregado fino*

GRAVEDAD ESPECIFICA AGREGADO FINO		ARENA	
Peso frasco + muestra			687,2
Peso frasco			187,2
Peso picnómetro + agua		B	472,1
Peso muestra S.S.S.		S	500
Peso muestra + agua + picnómetro		C	972,1
Peso muestra seca en horno		A	461,5
GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE		A	2,613
		(B + A - C)	
GRAVEDAD ESPECIFICA BULK		A	2,146
		(B + S - C)	
GRAVEDAD ESPECIFICA BULK S.S.S.		S	2,325
		(B + S - C)	
ABSORCIÓN (%)		(S-A)*100	8,342
		A	

PESO UNITARIO AGREGADO FINO		ARENA	
Volumen molde (cm ³)		2426,87	
SUELTO		COMPACTO	
Peso 1 g	2903	Peso 1 g	3271
Peso 2 g	2887	Peso 2 g	3243
Peso 3 g	2897	Peso 3 g	3232
Promedio g	2896	Promedio g	3249
Peso unitario suelto g/cm³	1,193	Peso unitario compacto g/cm³	1,339

6.7. Peso Específico del Agregado Grueso

En la Tabla 28 se presentan los resultados del ensayo de gravedad específica y masa unitaria tanto suelta y compacta del agregado grueso, se observa que el peso específico cumple con lo estipulado en la norma de INVIAS al estar en el rango de 2,3 a 2,8 g/cm³, como también cumple el porcentaje de absorción al estar por debajo del 4% máximo que exige la norma. En anexos se presentas a detalle los resultados.

Tabla 28.

Gravedad específica y masa unitaria del agregado grueso

GRAVEDAD ESPECIFICA AGREGADO GRUESO		3/4 "
B = Peso muestra en condición S.S.S.		994,7
Pa = Peso canasta sumergida en agua		0
Pb = Peso canasta + muestra sumergida en agua		595,1
C = Peso muestra sumergida en agua = Pb - Pa		595,1
A = Peso muestra seca en horno		979,9
GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE	A	2,547
	A - C	
GRAVEDAD ESPECIFICA BULK	A	2,452
	B - C	
GRAVEDAD ESPECIFICA BULK S.S.S.	B	2,489
	B - C	
ABSORCIÓN (%)	$(B-A)*100$	1,51
	A	

PESO UNITARIO AGREGADO GRUESO NTC 92		3/4 "	
Volumen molde (cm ³)		2426,87	
SUELTO		COMPACTO	
Peso 1 g	3704	Peso 1 g	3891
Peso 2 g	3734	Peso 2 g	3955
Peso 3 g	3748	Peso 3 g	3922
Promedio g	3729	Promedio g	3923
Peso unitario suelto g/cm³	1,536	Peso unitario compacto g/cm³	1,616

6.8. Análisis del Diseño experimental

En la Tabla 29 se expone el resumen de todos los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión ($f'c$) transcurrido los 7, 14 y 28 días de su elaboración, dando lugar así al diseño experimental el cual como se mencionó anteriormente se realizó por medio del programa Minitab. Se analizaron los factores en conjunto y se realizó un análisis de varianza de cada factor para ver el comportamiento de la variable resistencia a medida que aumento el tiempo desde su fundida hasta llegar a los 28 días, que por norma a esta edad se debe cumplir la resistencia del diseño planteado el cual fue de 3000 psi.

Tabla 29.*Diseño experimental*

DISEÑO EXPERIMENTAL			
% DE CEMENTO REEMPLAZADO POR CENIZA	RESISTENCIA A LA COMPRESION (psi)		
	7 Días	14 Días	28 Días
sin ceniza	1724.1	2082.4	3117.9
	1689.5	2231.6	3086.5
5% de ceniza	1998.0	2243.5	3499.6
	2048.7	2165.2	3482.2
10% de ceniza	1727.9	2429.0	3082.9
	1999.2	2455.8	3086.3
15% de ceniza	1894.3	1985.5	2965.2
	1752.6	2042.9	3084.9

6.8.1. Regresión Factorial General

Se realizó el análisis de varianza del diseño experimental (diseño factorial de múltiples niveles) para conocer la variación que existe entre los tratamientos aplicados a las mezclas de concreto como lo muestra la Tabla 30, y un diagrama de Pareto de efecto estandarizado que indica la interacción que hay entre el porcentaje de cemento reemplazado y el tiempo de falla de los cilindros como se ve en la Figura 55.

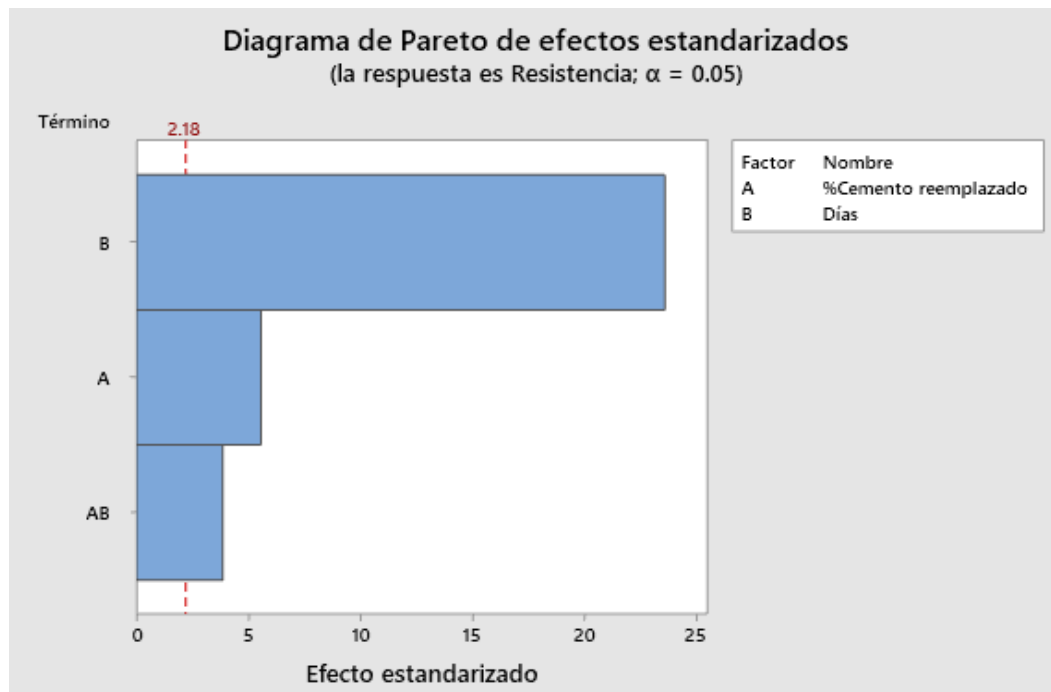
Tabla 30.*Análisis de Varianza General*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	11	8062952	732996	120.92	0.000
Lineal	5	7811268	1562254	257.72	0.000
%Cemento reemplazado	3	312688	104229	17.19	0.000
Días	2	7498580	3749290	618.51	0.000
Interacciones de 2 términos	6	251684	41947	6.92	0.002
%Cemento reemplazado*Días	6	251684	41947	6.92	0.002
Error	12	72742	6062		
Total	23	8135694			

Como se aprecia en la Tabla 30 al tener un valor de P menor a 0.05 indica que hay una significancia entre los tratamientos desde el punto de vista general tomando los 4 tratamientos y los tres tiempos (días a los cuales se realizaron los ensayos).

Figura 55.

Diagrama de Pareto de efecto estandarizado



En la Figura 55 se muestra el gráfico de Pareto de efecto estandarizado que muestra la interacción que existe entre las dos variables (%cemento reemplazado y días del ensayo) y se puede notar que sobrepasar la línea de referencial de significancia, lo que indica que estadísticamente los factores y la interacción de estos son significativos, es decir que hay una alteración en los resultados si uno de estos factores llega a cambiar.

6.8.2. ANOVA de un Solo Factor: 7 días vs %Cemento reemplazado

En el análisis de varianza realizado individualmente para los 7 días después de fundidos los cilindros de concreto, no se vio una significancia entre los cilindros de control y los tres tratamientos aplicados (5%, 10% y 15 % de cemento reemplazado) como se puede observar en la Tabla 31 el valor de P es superior a 0.05 reflejando que a los 7 días no hubo un efecto positivo

o negativo de la resistencia del concreto de los cilindros con cenizas en comparación con los cilindros sin cenizas.

Tabla 31.

Análisis de Varianza para 7 días

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
%Cemento reemplazado	3	102743	34248	2.81	0.172
Error	4	48725	12181		
Total	7	151468			

Se compararon los resultados con la prueba de Tukey y una confianza del 95% a los 7 días, reflejando que no hay una significancia entre todos los tratamientos como se muestra en la Tabla 32 y que todos comparten una letra de agrupación lo que corrobora el análisis de varianza, al no haber ningún efecto de los cilindros con cenizas en comparación con los cilindros sin cenizas.

Tabla 32.

Agrupación de los datos utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% - 7 días

%Cemento reemplazado	N	Media	Agrupación
5.00%	2	2023.3	A
10.00%	2	1864	A
15.00%	2	1823.4	A
0.00%	2	1706.8	A

Nota. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Adicionalmente se presenta en la Figura 56 la gráfica de la prueba de Tukey con la confianza del 95% a los 7 días. Esta indica que si los intervalos de confianza contienen cero o ilustrativamente tocan la línea de referencia se asume que no hay significancia entre ningún tratamiento, es decir que en los tratamientos los resultados no son afectados con el reemplazo de ceniza.

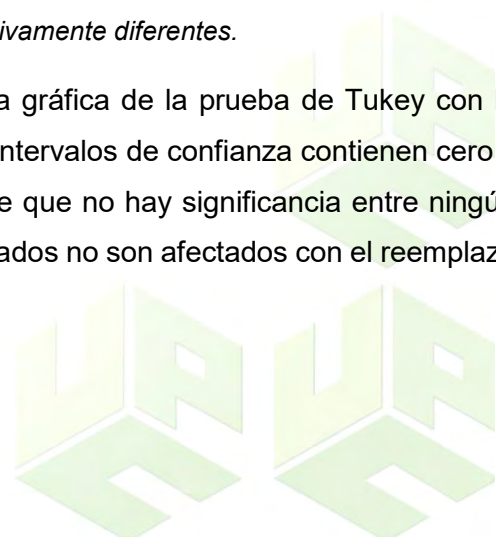
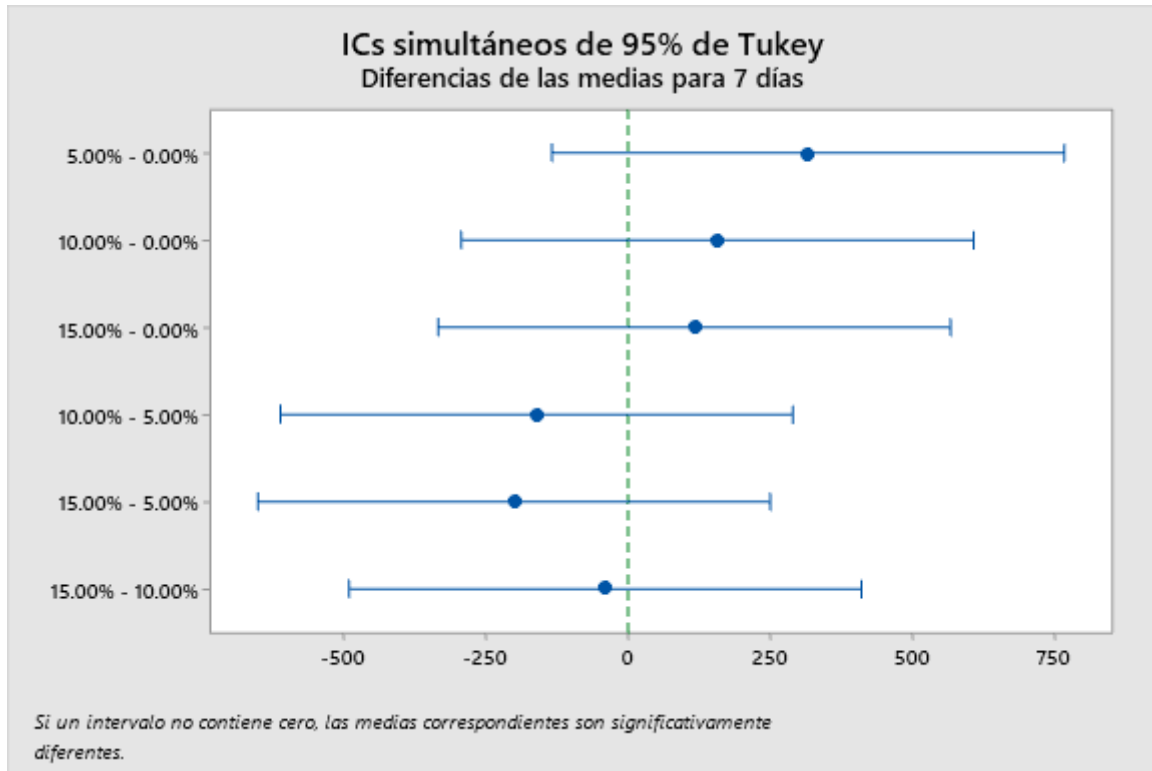


Figura 56.

Prueba de Tukey al 95% de confianza - 7 días



En la Figura 57 se presentan los intervalos de confianza que tienen los resultados de la resistencia a la compresión a los 7 días de la elaboración de los cilindros, mostrando que son datos cercanos y similares, por lo que reafirma lo expuesto en el análisis de varianza y la prueba de Tukey.

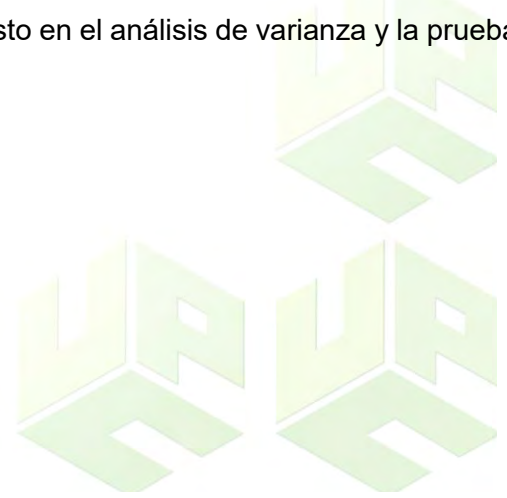
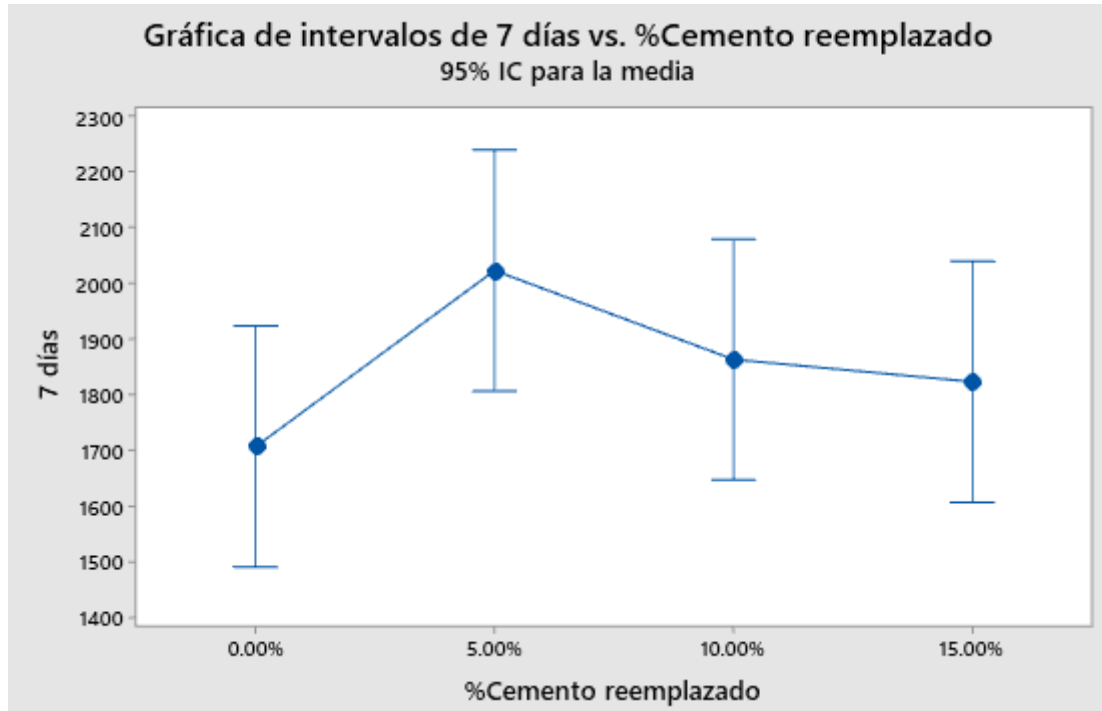


Figura 57.

Grafica de intervalos de confianza 7 días vs %cemento reemplazado



6.8.3. ANOVA de un Solo Factor: 14 días vs %Cemento reemplazado

En el análisis de varianza realizado individualmente para los 14 días después de la elaboración de los cilindros de concreto, se vio una significancia entre los tratamientos como lo muestra la Tabla 33.

Tabla 33.

Análisis de varianza para 14 días

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
%Cemento reemplazado	3	190134	63378	15.65	0.011
Error	4	16202	4051		
Total	7	206336			

Se compararon los resultados en parejas con la prueba de Tukey y una confianza del 95% a los 14 días, reflejando que hay una significancia, sin embargo, esta se dio entre dos pares de tratamientos: entre la mezcla con el 10% y 15% de cemento reemplazado y entre la mezcla

con el 10% y 0% de cemento reemplazado como se evidencia en la Tabla 34. Pasados 14 días hubo una significancia de manera positiva al reemplazar 10% de cemento por ceniza al tener una resistencia mayor que los cilindros que no tuvieron dicho reemplazo.

Tabla 34.

Agrupación de los datos utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% - 14 días

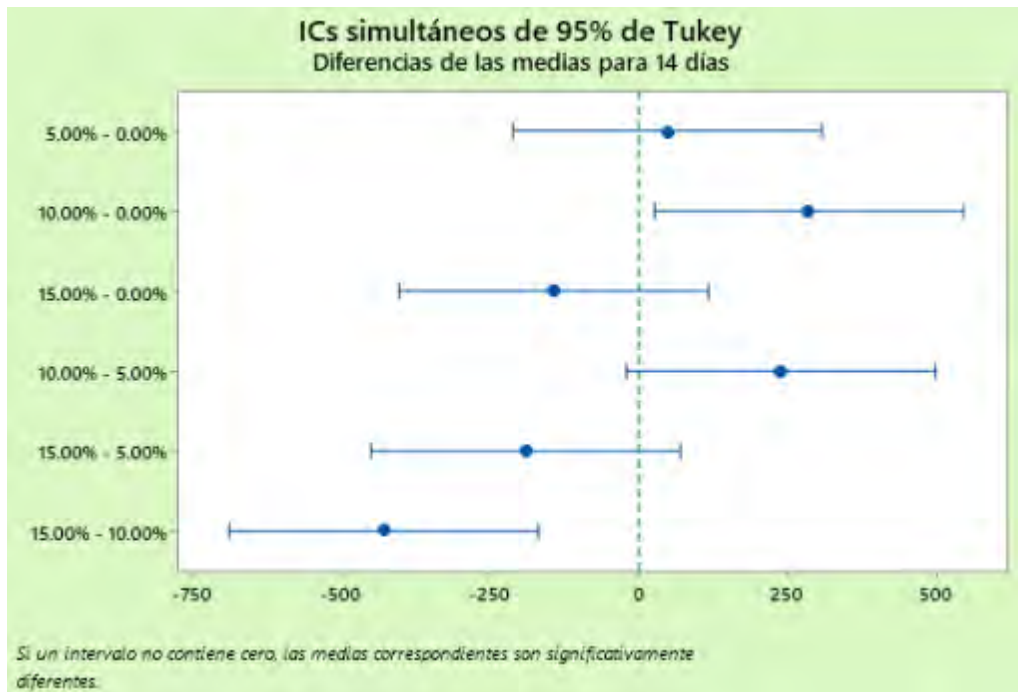
%Cemento reemplazado	N	Media	Agrupación
10.00%	2	2442.4	A
5.00%	2	2204.3	A B
0.00%	2	2157.0	B
15.00%	2	2014.2	B

Nota. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Adicionalmente se presenta en la Figura 58 la gráfica de la prueba de Tukey con la confianza del 95% a los 14 días. Se puede observar que los pares de tratamientos que no tocan la línea de referencia son los que entre ellos son significativos estadísticamente, por tanto, los factores que se analizan en esta investigación afectan la resistencia del concreto a los 14 días.

Figura 58.

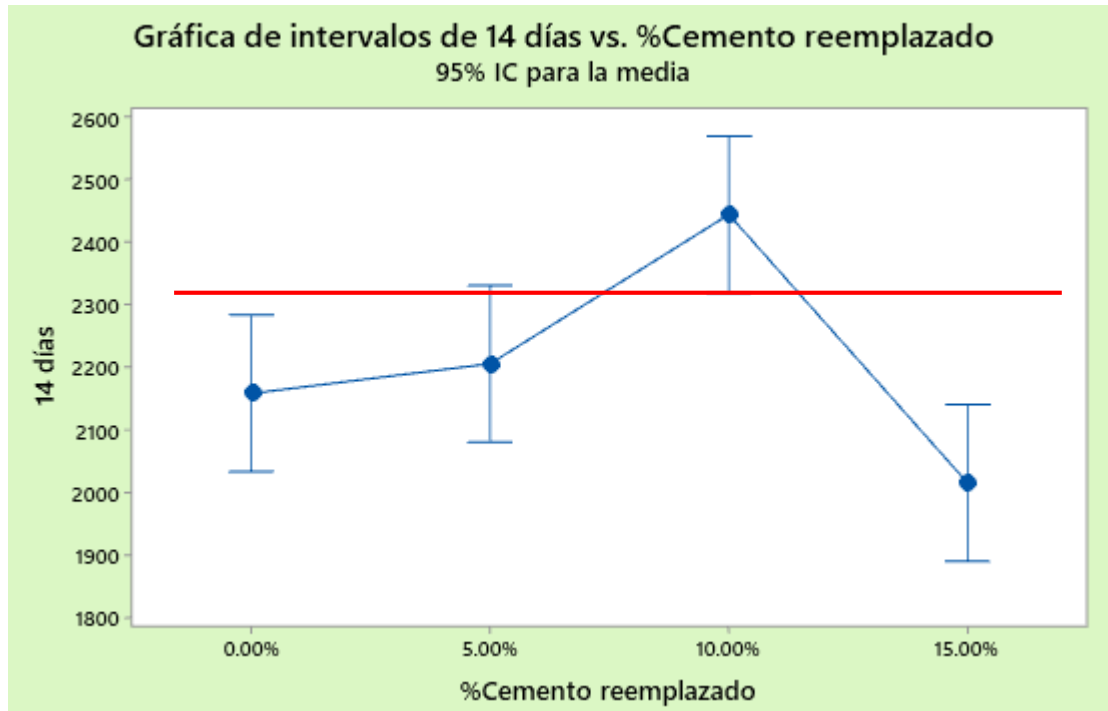
Prueba de Tukey al 95% de confianza - 14 días



En la Figura 59 se presentan los intervalos de confianza que tienen los resultados de la resistencia a la compresión a los 14 días de la elaboración de los cilindros, mostrando gráficamente la no interacción entre los tratamientos 0% - 10% y los tratamientos 10% - 15%.

Figura 59.

Grafica de intervalos de confianza 14 días vs %cemento reemplazado



6.8.4. ANOVA de un Solo Factor: 28 días vs %Cemento reemplazado

En el análisis de varianza realizado individualmente para los 28 días después de la elaboración de los cilindros de concreto, se vio una significancia mayor que en el análisis realizado a los 14 días esto se evidencia en la Tabla 35.

Tabla 35.

Análisis de varianza para 28 días

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
%Cemento reemplazado	3	271496	90499	46.33	0.001
Error	4	7814	1954		
Total	7	279310			

Se compararon los resultados en parejas con la prueba de Tukey y una confianza del 95% a los 28 días, reflejando que hay una significancia entre los tratamientos con 5% de reemplazo de cemento y los demás tratamientos (0%, 10% y 15%) como lo muestra la Tabla 36.

Tabla 36.

Agrupación de los datos utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% (28 días)

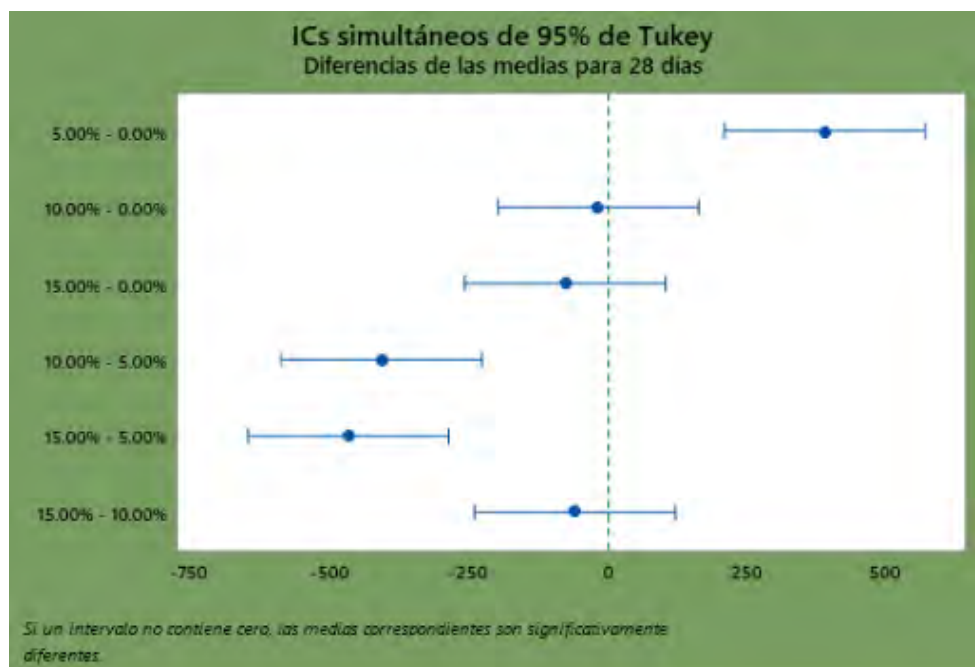
%Cemento reemplazado	N	Media	Agrupación
5.00%	2	3490.90	A
0.00%	2	3102.2	B
10.00%	2	3084.60	B
15.00%	2	3025.1	B

Nota. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Adicionalmente se presenta en la Figura 60 la gráfica de la prueba de Tukey con la confianza del 95% a los 28 días. Se puede observar que los pares de tratamientos que involucran el 5% no contienen cero por lo que hay una significancia elevada entre estos tres pares de tratamientos.

Figura 60.

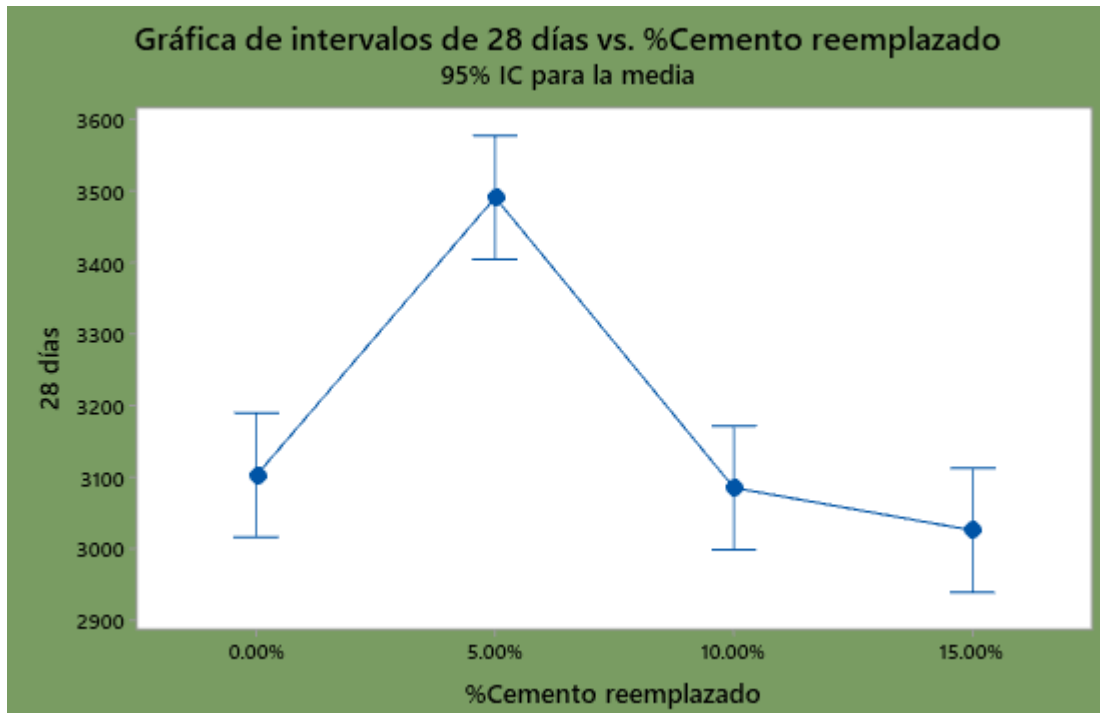
Prueba de Tukey al 95% de confianza - 14 días



En la Figura 61 se presentan los intervalos de confianza que tienen los resultados de la resistencia a la compresión a los 28 días de elaboración de los cilindros, mostrando gráficamente la desviación que existe entre el tratamiento al 5% y los demás tratamientos.

Figura 61.

Grafica de intervalos de confianza 14 días vs %cemento reemplazado



6.9. Resistencia a la Compresión (f'_c)

Los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión de cilindros fueron analizados por medio de diagramas de barra con el promedio entre las dos repeticiones por cada tratamiento, teniendo en cuenta los días de rotura los cuales fueron a los 7, 14 y 28 días de su elaboración y los tratamientos a los cuales estos se sometieron. En la Figura 62 se aprecian los resultados a los 7 días de su elaboración, haciendo una comparación entre la muestra de control (sin cenizas) con las muestras con cenizas. Se observa que solo los cilindros con un porcentaje de ceniza del 5% sobrepasaron el 65% de la resistencia de diseño como lo estipula la Instrucción de Hormigón Estructural – EHE de España expedida por el real decreto 2661 de 1998, la cual en la tabla 30.4.b hace una estimación del porcentaje de resistencia a la compresión a

diferentes edades que en este documento se evidencia en la Tabla 37. Es de anotar de igual forma que todos los tratamientos con cenizas estuvieron por encima de la resistencia de la muestra patrón.

Figura 62.

Grafica de resistencia a la compresión a los 7 días de su elaboración

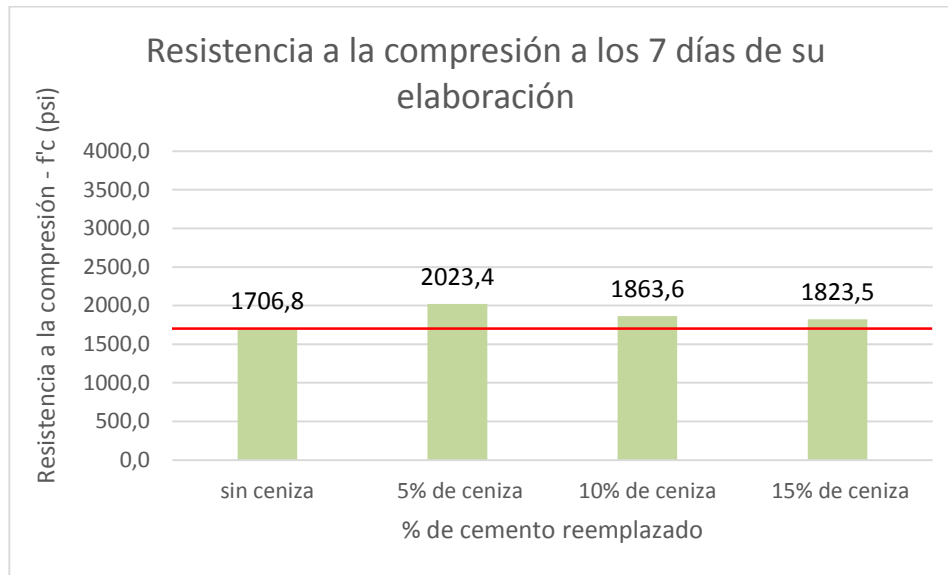


Tabla 37.

Resistencia a la compresión de probetas del mismo tipo a diferentes edades

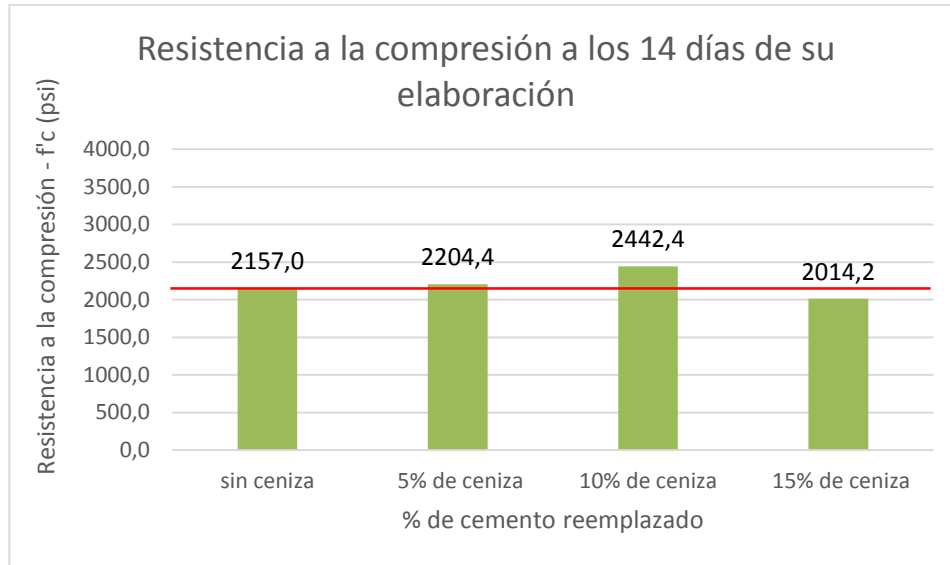
Edad del hormigón, en días	3	7	28	90	360
Hormigones de endurecimiento normal (1)	0,40	0,65	1,00	1,20	1,35
Hormigones de endurecimiento rápido (1)	0,55	0,75	1,00	1,15	1,20

Fuente. Instrucción de Hormigón Estructural – EHE, 1998

En la Figura 63 pasados 14 días de haber fundido los especímenes y sometidos a proceso de curado, se presentan dos muestras que están por encima de los valores de la muestra de control y corresponden a los cilindros de 5% y 10% de contenido de ceniza, siendo las muestras de 10% las destacadas al llegar a una resistencia superior al 80% de la resistencia de diseño, mientras que los especímenes con un contenido de ceniza del 15% no lograron sobrepasar los valores de la los cilindros sin ceniza.

Figura 63.

Grafica de resistencia a la compresión a los 14 días de su elaboración

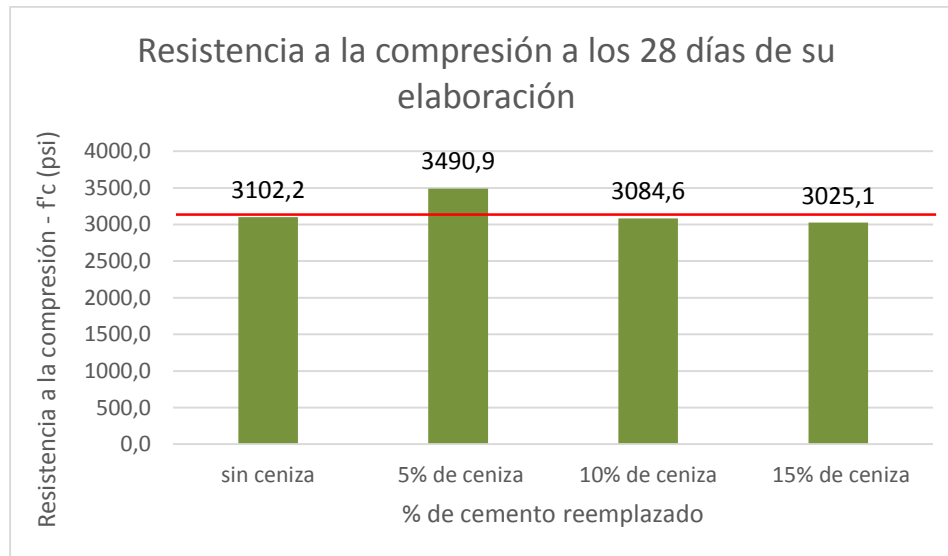


A los 28 días de fundido los cilindros los resultados en conjunto son favorables debido a que todos los diseños realizados cumplieron con la resistencia mínima a la cual se planteó llegar que fue de 3000 psi. No obstante, en comparación con la muestra patrón los diseños con 10% y 15% de ceniza estuvieron por debajo de la muestra de control, mientras que el diseño con 5% estuvo por encima a todos los tratamientos incluyendo los cilindros sin cenizas mostrando así un aumento del 12,5% en la resistencia a la compresión del concreto. (Ver Figura 64)



Figura 64.

Grafica de resistencia a la compresión a los 28 días de su elaboración

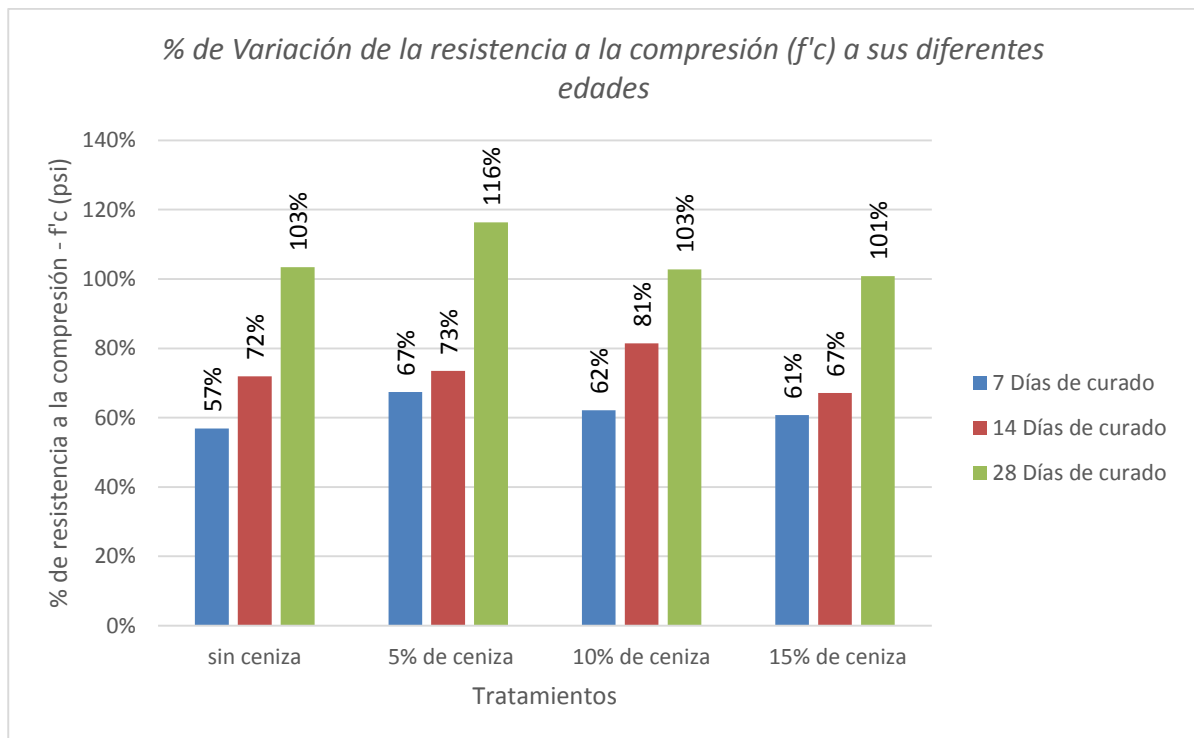
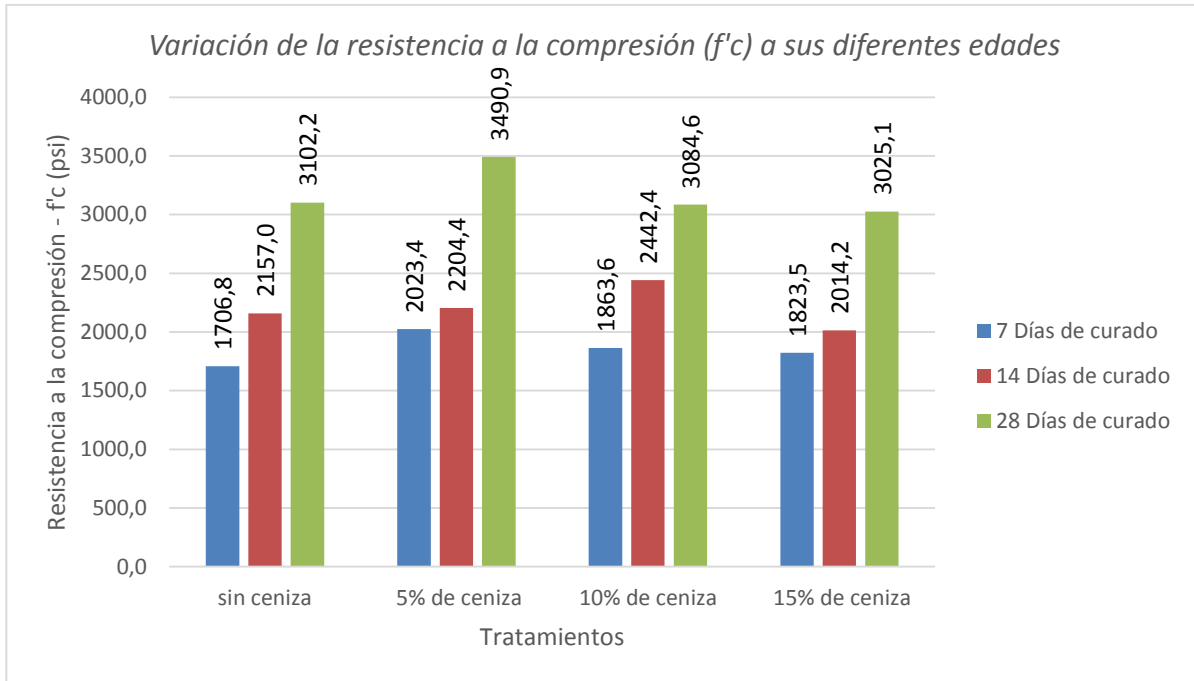


En la Figura 65 se presenta el gráfico que muestra los resultados de la resistencia a la compresión de los cilindros de 6 x 12" de todos los tratamientos a sus diferentes edades, como también el porcentaje de la resistencia teniendo en cuenta la resistencia de diseño (3000 psi). Haciendo un paralelo entre los resultados es notorio que el comportamiento de los cilindros que tenían un contenido del 5% de cenizas tuvo un aumento significativo de la resistencia después de los 14 días de su elaboración, lo que indica una afectación positiva en la resistencia del concreto con este tratamiento.



Figura 65.

Variación de la resistencia a la compresión (f'_c) a sus diferentes edades



6.10. Análisis de los Beneficios y Costos del Concreto con Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) Frente a un Concreto Convencional

Se analizaron los costos y beneficios de la elaboración de mezclas de concreto convencional y mezclas de concreto con reemplazo del 5%, 10% y 15% de cemento por CBCA, esto se debe a que los tres porcentajes cumplieron con la resistencia a compresión de 3000 psi para especímenes 6x12" esperada a los 28 días de su elaboración; teniendo en cuenta la norma INV-E-410.

6.10.1. Concreto Convencional en el Mercado Local

Para realizar una comparación del concreto fabricado con el 5%, 10% y 15% de CBCA reemplazando el cemento frente al concreto convencional en el mercado, se llevaron a cabo tres cotizaciones en diferentes empresas en el departamento del Cesar, como se presenta en la Tabla 38.

Tabla 38.

Precios de concreto convencional en el departamento del Cesar

Empresa	Cantidad	Resistencia PSI	PRECIO COP
A&G Curumaní	1 M3	3000	\$ 437.920
Concretos EL DORADO	1 M3	3000	\$ 381.190
Geicar SAS	1 M3	3000	\$ 388.178

6.10.2. Análisis de costo en función a la resistencia del concreto

Los diferentes porcentajes a manejar en la sustitución parcial de cemento por CBCA en el concreto convencional hacen variar los costos en la realización del concreto en función a sus materiales. Por lo tanto, se analizó la resistencia alcanzada a los 28 días por estos materiales en función al costo de elaboración para así poder evaluar el beneficio, desde el punto de vista económico de la presente investigación.

Seguidamente, en la Tabla 39, Tabla 40, Tabla 41 y Tabla 42 se presenta el análisis de los precios unitarios para el concreto de 3000 psi para la muestra control y las muestras con sustitución del 5%, 10% y 15% de cemento por CBCA, respectivamente; se analizó teniendo en

cuenta los precios unitarios de mano de obra y materiales a utilizar brindados por INSTITUTO NACIONAL DE VIAS – INVIAS para el departamento del Cesar, de igual forma, se tuvo en cuenta el valor unitario para la CBCA presentado por Durán. N y Velásquez. N (2012) en el estudio titulado EVALUACIÓN DE LA APTITUD DE CONCRETOS, REEMPLAZANDO PARCIALMENTE EL CEMENTO PORTLAND POR CENIZAS VOLANTES Y CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR.

Tabla 39.

Análisis de costos para el concreto convencional (muestra control)

Análisis para 1 m³ de concreto convencional			
Materiales y mano de obra	Cantidad	Costo	Valor total
Cemento (kg)	444	\$ 549,00	\$ 243.756,00
Agregado fino (m3)	0,251	\$ 30.202,00	\$ 7.580,70
Agregado grueso (m3)	0,386	\$ 91.813,00	\$ 35.439,82
Agua (m3)	0,2	\$ 91,00	\$ 18,20
Mano de obra			\$ 68.892,3
Costo total			\$ 355.687,02

Tabla 40.

Análisis de costos para el concreto con 5% de CBCA

Análisis para 1 m³ de concreto con 5% CBCA			
Materiales y mano de obra	Cantidad	Costo	Valor total
Cemento (kg)	421,8	\$ 549,00	\$ 231.568,20
Agregado fino (m3)	0,655	\$ 30.202,00	\$ 7.580,70
Agregado grueso (m3)	0,983	\$ 91.813,00	\$ 35.439,82
Agua (m3)	0,200	\$ 91,00	\$ 18,20
Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (kg)	22,2	\$ 15,00	\$ 333,00
Mano de obra			\$ 68.892,30
Costo total			\$ 343.832,22

Tabla 41.

Análisis de precios unitarios para el concreto reemplazando el 10% de cemento por CBCA

Análisis para 1m3 con 10% CBCA			
Materiales y mano de obra	Cantidad	Costo	Valor total
Cemento (kg)	399,6	\$ 549,00	\$ 219.380,40
Agregado fino (m3)	0,655	\$ 30.202,00	\$ 7.580,70
Agregado grueso (m3)	0,983	\$ 91.813,00	\$ 35.439,82
Agua (m3)	0,200	\$ 91,00	\$ 18,20
Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (kg)	44,4	\$ 15,00	\$ 666,00
Mano de obra			\$ 68.892,30
Costo total			\$ 331.977,42

Tabla 42.

Análisis de precios unitarios para el concreto reemplazando el 15% de cemento por CBCA

Análisis para 1m3 con 15% CBCA			
Materiales y mano de obra	Cantidad	Costo	Valor total
Cemento (kg)	377,4	\$ 549,00	\$ 207.192,60
Agregado fino (m3)	0,655	\$ 30.202,00	\$ 7.580,70
Agregado grueso (m3)	0,983	\$ 91.813,00	\$ 35.439,82
Agua (m3)	0,200	\$ 91,00	\$ 18,20
Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (kg)	66,6	\$ 15,00	\$ 999,00
Mano de obra			\$ 68.892,30
Costo total			\$ 320.122,62

Teniendo en cuenta el análisis de precios unitarios realizado para los concretos con 5%, 10% y 15% con CBCA, se observa que el precio disminuye respectivamente, esto se debe a que la cantidad de cemento va bajando debido a la cantidad de reemplazo de cemento por CBCA,

sin embargo, el rendimiento para realizar los diferentes tipos de concreto mencionados anteriormente es el mismo que para la fabricación de un concreto convencional.

Por consiguiente, en la Tabla 43 se lleva a cabo un análisis de costo en función a la resistencia obtenida para los diferentes tipos de concreto realizados en la presente investigación a los 28 días.

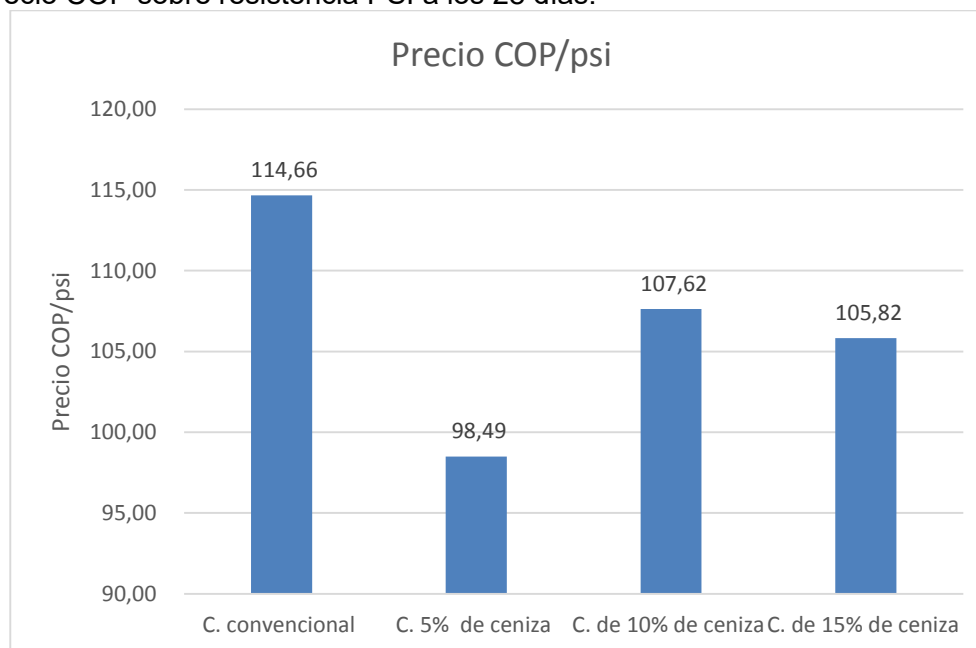
Tabla 43.

Precio de 1 m³ de concreto convencional frente a los concretos con sustitución del 5%, 10% y 15% CBCA y su respectiva resistencia a los 28 días.

Descripción	Precio COP	Resistencia (PSI)	Precio COP sobre resistencia	Variación de f'c
Concreto convencional	\$ 355.687,02	3.102,2	\$ 124,66 /PSI	3,4%
Concreto con sustitución de 5% de cemento	\$ 343.832,22	3.490,9	\$ 98,49 /PSI	16,4%
Concreto con sustitución de 10% de cemento	\$ 331.977,42	3.084,6	\$ 107,62 /PSI	2,8%
Concreto con sustitución de 15% de cemento	\$ 320.122,62	3.025,05	\$ 105,82 /PSI	0,835%

Figura 66.

Precio COP sobre resistencia PSI a los 28 días.



La Tabla 43 y la Figura 66, relacionan el costo – beneficio teniendo en cuenta dos variables que son el precio COP para un (1) m³ de concreto y la resistencia a la compresión esperada a los 28 días, donde se observa que el concreto convencional tiene un aumento de 3,4% con respecto a la resistencia, y el concreto con el 5% de sustitución de cemento por CBCA tuvo un aumento de 16,4%, siendo el concreto con CBCA con la variación positiva en la resistencia. Los concretos con CBCA tienen una disminución en el precio con respecto al precio del concreto convencional, sin embargo entre más sea el porcentaje de cemento reemplazado aumenta en el precio por psi, siendo el concreto con el 10% de CBCA obteniendo la relación más alta de 107,62 COP/psi. Esto muestra que el concreto con 5% de ceniza cuenta con un beneficio mayor al ser más eficiente en cuanto a resistencia y un valor menor en la relación costo/beneficio.



7. CONCLUSIONES

Ejecutadas todas las etapas de presente proyecto y analizados todos los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio y análisis de datos se concluye lo siguiente:

- Las cenizas utilizadas en el presente proyecto no sobrepasaron las cantidades mínimas estipuladas por la norma 3493, sin embargo, a pesar de estos resultados químicos se comportaron idóneamente debido a los resultados finales de la resistencia fueron positivos. Tomando los datos teóricos investigados se concluye que las CBCA pueden clasificarse como tipo F por sus características mineralógicas. Las cenizas no cuenta con gran cantidad de finos debido a que solo pasa el 19.3% de las cenizas por el tamiz N° 200.
- El diseño de mezcla realizado en esta investigación arrojó proporciones en masa de 0,45:1:1,46:2,21 y proporciones en volumen de 0,45:1:1,75:2,69. De igual forma al reemplazar la masa del cemento por los distintos porcentajes de ceniza se obtuvo que para seis cilindros 6x12" el 5% de reemplazo corresponde a 0,7 kg de ceniza, el 10% de reemplazo corresponde a 1,5 kg de ceniza y el 15% de reemplazo corresponde a 2,2 kg de ceniza.
- Se elaboraron un total de 24 cilindros de concreto con dimensiones 6x12", seis por cada uno de los tratamientos y estos a su vez se dividieron en dos por cada una de las edades de falla, dichos cilindros tomados siguiendo la norma IVN – E – 402.
- Todas las mezclas de concreto con diferente dosificación y la mezcla de control alcanzaron la resistencia mínima esperada de diseño la cual fue de 3000 psi, sin embargo, la mezcla con un porcentaje de reemplazo de cemento del 5% por ceniza de bagazo de caña de azúcar sobrepasó la resistencia de la mezcla patrón en un 12,5% y en un 16,4% la resistencia de diseño, por lo que es una alternativa potencial para usar este porcentaje en las mezclas de concreto.

La mezcla con un porcentaje de reemplazo de cemento del 10% por ceniza de bagazo de caña de azúcar estuvo por debajo de resistencia de la mezcla de control por un 0,59%, lo que indica que hubo una ligera afectación negativa en la resistencia, sin embargo, sobrepasó la resistencia de diseño en un 2,82% lo que hace que cumpla.

Las mezclas con un porcentaje de reemplazo de cemento del 15% por ceniza de bagazo de caña de azúcar estuvieron por debajo de resistencia de la mezcla de control por un 2,48%, lo que indica que hubo una ligera afectación negativa en la resistencia y la mezcla con menor resistencia de las cuatro que fueron objeto de estudio, sin embargo, sobrepasó la resistencia de diseño en un 0,84% lo que hace que cumpla.

Teniendo en cuenta el análisis de variancia del diseño experimental y los ANOVAS de cada uno de los factores se concluye que se rechaza la hipótesis nula 1, debido a que al reemplazar el 5% del cemento por CBCA afecta positivamente la mezcla de concreto transcurridos 28 días de su elaboración, es decir, aumenta la resistencia a la compresión. Por otro lado se acepta la hipótesis nula 2 y 3, debido a que al reemplazar el 10% y 15% de cemento por CBCA en las mezclas de concreto, no existen afectaciones en la resistencia del concreto transcurridos 28 días de su elaboración.

Realizar concreto convencional y concreto con diferentes porcentajes de sustitución de cemento por CBCA requiere el mismo tiempo de producción, sin embargo, el costo para producir 1 m³ de concreto con CBCA disminuye debido a que la cantidad usada de cemento es diferente en las mezclas de CBCA, siendo este el valor más elevado de los materiales a utilizar. De la misma manera que se demuestra en la Tabla 43, donde se realizó una comparación de la muestra control con las diferentes mezclas de concreto con CBCA. De igual forma, se puede observar que el precio COP en relación con la resistencia va aumentando para los concretos que contienen CBCA. Sin embargo, que el concreto con 5% de ceniza cuenta con un beneficio mayor al ser más eficiente en cuanto a resistencia y un valor menor en la relación costo/beneficio.

8. RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta los resultados de análisis químico de la CBCA obtenidos en el laboratorio, se recomienda implementar otro método de quema para poder alcanzar temperaturas entre 500 °C y 700 °C como se cita en el libro “El concreto fundamentos y nuevas tecnologías” de Ricardo Matallana Rodríguez, que es donde se generan las cenizas amorfas y permite la mayor generación de los compuestos químicos importantes para los materiales de características puzolánicas. De igual forma realizar ensayos de mineralogía para comprender con más certeza el por qué de las características cementantes de la ceniza.

Se recomienda realizar estudios para determinar el comportamiento de la resistencia a la flexión utilizando los mismos porcentajes de reemplazo, puesto que el concreto es usado también para pavimentación de vías que trabajan con el concepto de la resistencia a la flexión.

Se recomienda ahondar más en los ensayos de los agregados utilizados en la elaboración de concreto ya que pueden existir otros factores que pueden afectar la resistencia del concreto tanto positiva como negativamente.



9. BIBLIOGRAFIA

- Abanto, F. (2002) Tecnología del concreto (Teoría y Problemas). Lima: Editorial San Marcos E.I.R.L
- Alcaldía municipal de Valledupar (s.f.), disponible en: <http://valledupar-cesar.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>
- Canul, J. A. Moreno, E. I. Mendoza-Rangel, J. M. (2016), “Efecto de la ceniza volante en las propiedades mecánicas de concretos hechos con agregado calizo triturado de alta absorción”
- Cemex, (2019). Artículo de construcción, Recuperado de: [https://www.cemex.com.pe/-/por-que-se-determina-la-resistencia-a-la-compresion-en-el-concreto-#:~:text=La%20resistencia%20a%20la%20compresi%C3%B3n%20simple%20es%20la%20caracter%C3%ADstica%20mec%C3%A1nica,por%20pulgada%20cuadrada%20\(psi\).](https://www.cemex.com.pe/-/por-que-se-determina-la-resistencia-a-la-compresion-en-el-concreto-#:~:text=La%20resistencia%20a%20la%20compresi%C3%B3n%20simple%20es%20la%20caracter%C3%ADstica%20mec%C3%A1nica,por%20pulgada%20cuadrada%20(psi).)
- Cedeño Valdiviezo, A. (2011). Aglomerantes, morteros y aplanados adecuados para proteger el medioambiente. *Revista De Arquitectura (Bogotá)*, 13(1), 106–117. Recuperado a partir de <https://revistadearquitectura.ucatolica.edu.co/article/view/774>
- Constructivo. (2020), recuperado: <https://constructivo.com/noticia/aditivos-cuales-son-sus-caracteristicas-y-beneficios-para-la-construccion-1557330192>
- Construmática (s.f.), Recuperado de: <https://www.construmatica.com/construpedia/Fisura>
- Construmática (s.f.), Recuperado de: <https://www.construmatica.com/construpedia/Grieta>
- Glosario Ingeniería Civil. (2017), Recuperado de: <https://glosarios.servidor-alicante.com/ingenieria-civil/concreto-material>
- Huanca, S. (2006). “Diseño de mezcla de concreto”, Universidad Nacional de Altiplano, Perú.
- IDEAM (s.f.), “Características climatológicas de ciudades principales y municipios turísticos” disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21789/1Sitios+turisticos2.pdf/cd4106e9-d608-4c29-91cc-16bee9151ddd>

- Instrucción de hormigón estructural EHE, real decreto 2661 de 1998, España recuperado de http://normativaconstruccion.cype.info/0141_ehe/pagina83.html
- INVIAS (2021), “Análisis de precios unitarios en referencia regionalizados 2021-2 Cesar – Norte”.
- Larrahondo, J. E. (s.f.) Calidad de la caña de azúcar, recuperado de: http://nutriciondebovinos.com.ar/MD_upload/nutriciondebovinos_com_ar/Archivos/File/CALIDAD_DE_LA_CA%C3%91A_DE_AZUCAR.pdf
- Matallana, R. (2019). “El concreto, fundamento y nuevas tecnologías”, Editorial: Constructora Conconcreto
- Moya. M, Durán. M, Sibaja. M. (2008) Obtención de lignina y celulosa de residuos de maíz, Costa Rica
- Nilson, A. (2001). “Diseño de estructuras en concreto, duodécimo edición”, Colombia: Editorial, McGRAW-HILL INTERAMERICANA, S.A.
- Norma Técnica Colombiana, NTC 550 (2000). “Concretos. Elaboración y Curado de Especímenes de Concreto en el Sitio de Trabajo”
- Norma Técnica Guatemalteca, NTG 41062. (2013). “Moldes para el colado vertical de cilindros de concreto para ensayo. Especificaciones”.
- Norma UNE-EN 1015-11:2000 (2000), “Método de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 11: Determinación de la resistencia a la flexión y a compresión del mortero endurecido”
- Olmo, O. e.t. (s.f.) El bagazo de la caña de azúcar. Propiedades, constitución y potencial. Recuperado de: <https://docplayer.es/72041168-Parte-v-el-bagazo-de-la-cana-de-azucar-propiedades-constitucion-y-potencial.html>
- Ramírez, M. (2008). “Cultivos para la producción sostenible de biocombustibles: Una alternativa para la generación de empleos e ingresos, Modulo V: Caña de Azúcar”
- Rascón N, Rodríguez G, Gauthereu L. (2001), “Colocación del concreto bajo clima caluroso”, Universidad de Sonora, recuperado de: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/11059/capitulo6.pdf>
- Rivera, G. A. (2013) Concreto simple.
- Sanz, A. (s.f). “Tecnología de la celulosa. La industria papelera” recuperado de: <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-03.php>

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2018), recuperado de: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/impacto-ambiental-y-tipos-de-impacto-ambiental>
- Sector Agroindustrial de la Caña, ASOCAÑA, recuperado de: <https://www.asocana.org/publico/info.aspx?Cid=215>
- Silva. (2020), Formas de curar el concreto, recuperado de: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/formas-de-curar-el-concreto#:~:text=El%20curado%20se%20define%20como,el%20concreto%20las%20propiedades%20deseadas.>
- Suarez, E. (2019). “Tipos de Encofrados en las obras de construcción” Recuperado de: https://www.ingecivil.net/2019/07/16/tipos-de-encofrados-en-las-obras-de-construccion/#%C2%BFQue_es_el_encofrado
- Tovar, C. (2019). Construcción de estructuras, Manual de obra. Santa fe de Bogotá: Emma Ariza H
- Vásquez, R. (2017). Cemento y sus aplicaciones.
- White R. N. & Gergely P. (1980), “Ingeniería Estructural”, Editorial Limusa, México
- Ucha, F. (2019), “Definición de fibra” Recuperado de: <https://www.definicionabc.com/general/fibra.php>
- 360 en concreto (s.f.), recuperado de: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/proteccion-y-curado-del-concreto>



ANEXOS

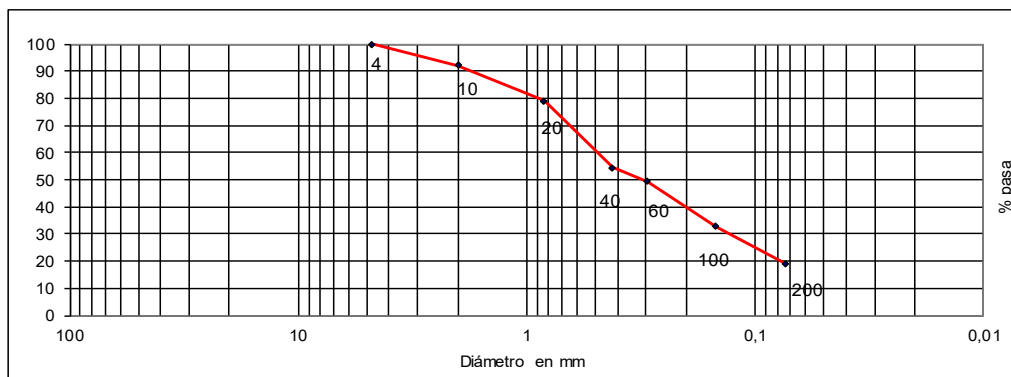


	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESO Y FINO	VERSIÓN 3
	NORMA DE ENSAYO – INV. E-213-13	VIGENCIA 20/05/15
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	PAGINA 1 de 1

DATOS DEL REMITENTE		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
FECHA DE EXPEDICIÓN:	0912/2021	CÓDIGO:	AG.RE.AP.004-12-21
SOLICITANTE:	JOSE MANUEL ADARRAGA REDONDO LUZ ADRIANA MORENO MURILLO	LOCALIZACIÓN OBRA:	VALLEDUPAR - CESAR
DIRECCIÓN:	MZ A CASA 5B - CC FLORES DE MARIA 1	FECHA RECEPCIÓN MUESTRA:	03/12/2021
OBRA:	EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LA CENIZA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL:	CENIZAS
		FECHA DE ENSAYO:	06/12/2021

GRADACION		P1	975,50	P2	787,6
Tamiz	Diám. mm	Peso ret.	% Retenido	% Ret. Acum	% Pasa
3/8	9,52	0,0	0,0	0,0	100,0
4	4,76	0,0	0,0	0,0	100,0
10	2,00	77,1	7,9	7,9	92,1
20	0,84	127,5	13,1	21,0	79,0
40	0,42	238,4	24,4	45,4	54,6
60	0,297	50,0	5,1	50,5	49,5
100	0,149	162,4	16,6	67,2	32,8
200	0,074	132,2	13,6	80,7	19,3
P 200		187,90	19,3	100,0	0,0

**Pasa tamiz No. 200 INV E-214-13 (Procedimiento A)



Observaciones:

REVISÓ / APROBÓ:
EBERTO ORTEGA SINNING
DIRECTOR TÉCNICO

TRANSVERSAL 8 No 2 C - 48 LOS CAMPANOS TEL. 5834724 CEL. 3126690172-3005633896
Pagina Web: www.vyoingenieria.com E-MAIL: vyoingenieria@gmail.com
VALLEDUPAR-CESAR-COLOMBIA

www.unicesar.edu.co

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380

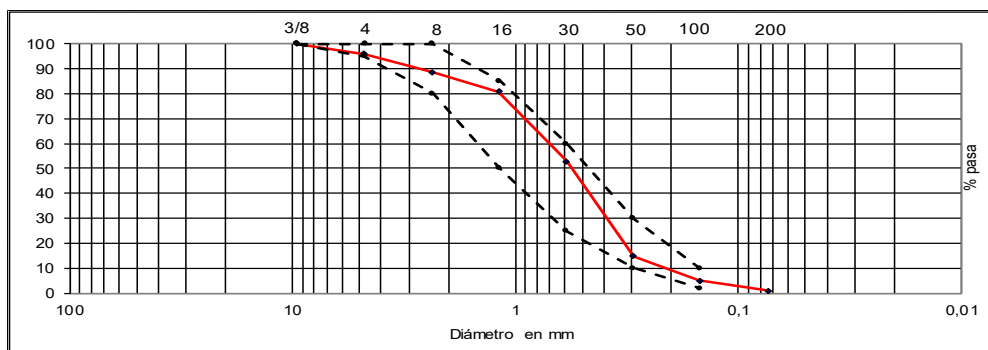


	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESO Y FINO <small>NORMA DE ENSAYO – INV. E-213-13</small>	VERSIÓN 3 VIGENCIA 20/05/15
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	PAGINA 1 de 1

DATOS DEL REMITENTE		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
FECHA DE EXPEDICIÓN:	25/08/2021	CÓDIGO:	AG.RE.AP.007-09-21
SOLICITANTE:	JOSE MANUEL ADARRAGA REDONDO LUZ ADRIANA MORENO MURILLO	LOCALIZACIÓN OBRA:	VALLEDUPAR - CESAR
DIRECCIÓN:	MZ A CASA 5B - CC FLORES DE MARIA 1	FECHA RECEPCIÓN:	19/08/2021
OBRA:	EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LA CENIZA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL:	ARENA
		FECHA DE ENSAYO:	23/08/2021

AGREGADO FINO					
GRADACION		P1	1732,51	P2	1716,2
Tamiz	Diám. mm	Peso ret.	% Retenido	% Ret. Acum	% Pasa
3"	76,2	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,8	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,1	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,4	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,1	0,0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,7	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,52	0,0	0,0	0,0	100,0
4	4,76	68,9	4,0	4,0	96,0
8	2,38	126,8	7,3	11,3	88,7
16	1,19	137,5	7,9	19,2	80,8
30	0,59	482,7	27,9	47,1	52,9
50	0,297	659,2	38,0	85,1	14,9
100	0,149	172,8	10,0	95,1	4,9
200	0,074	68,3	3,9	99,1	0,9
P 200		16,31	0,9	100,0	0,0

**Pasa tamiz No. 200 INV E-214-13 (Procedimiento A)



Modulo de finura = $\frac{2,6}{\text{Material}}$ Cu = $\frac{1,6}{\text{norma I.N.V. ART-630}}$ Cc = $\frac{1,1}{\text{norma I.N.V. ART-630}}$

Observaciones:

REVISÓ Y PROBÓ:
EBERTO ORTEGA SINNING
DIRECTOR TÉCNICO

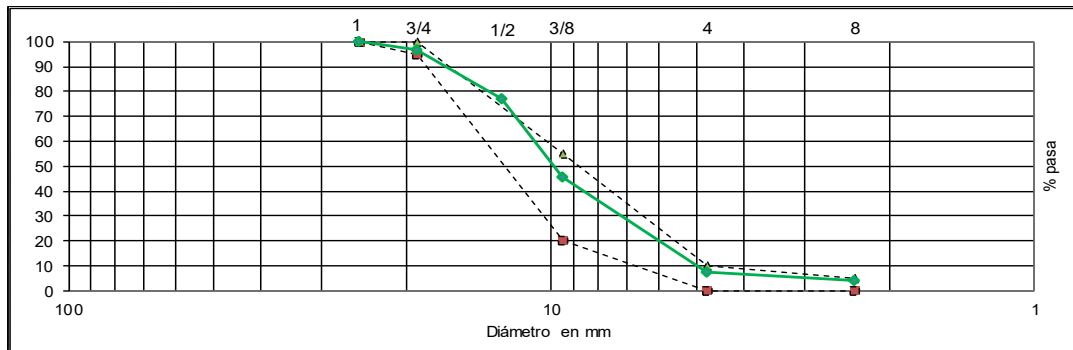
TRANSVERSAL 8 No 2 C - 48 LOS CAMPANOS TEL. 5834724 CEL. 3126690172-3005633896
Pagina Web: www.vyoingenieria.com E-MAIL: vyoingenieria@gmail.com
VALLEDUPAR-CESAR-COLOMBIA

	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESO Y FINO	VERSIÓN 3
	NORMA DE ENSAYO – INV. E-213-13	VIGENCIA 20/05/15
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	PAGINA 1 de 1

FECHA DE EXPEDICIÓN: 25/08/2021	CÓDIGO: AG.RE.AP.007-09-21
SOLICITANTE: JOSE MANUEL ADARRAGA REDONDO LUZ ADRIANA MORENO MURILLO	LOCALIZACIÓN OBRA: VALLEDUPAR - CESAR
DIRECCIÓN: MZ A CASA 5B - CC FLORES DE MARIA 1	FECHA RECEPCIÓN: 19/08/2021
OBRA: EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LA GENIZA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: GRAVA
	FECHA DE ENSAYO: 23/08/2021

AGREGADO GRUESO					
GRADACION		P 1	3125,288	P 2	2993,7
Tamiz	Diám. mm	Peso ret.	% Retenido	% Ret. Acum	% Pasa
2 1/2"	63,0	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,0	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	37,5	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,0	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,0	108,6	3,5	3,5	96,5
1/2"	12,7	608,7	19,5	23,0	77,0
3/8"	9,52	978,3	31,3	54,3	45,7
4"	4,76	1199,5	38,4	92,6	7,4
8"	2,36	98,6	3,2	95,8	4,2
P 200		131,59	4,2	100,0	0,0

**Pasa tamiz No. 200 INV E-214-13 (Procedimiento A)



—■— Material - - - - - norma I.N.V. ART-630 AG-3

Cu = 1,4

Cc = 1,0

Observaciones:


 REVISÓ Y APROBÓ:
EBERTO ORTEGA SINNING
 DIRECTOR TÉCNICO

TRANSVERSAL 8 No 2 C - 48 LOS CAMPANOS TEL. 5834724 CEL. 3126690172-3005633896

Página Web: www.vyoingenieria.com E-MAIL: vyoingenieria@gmail.com

VALLEDUPAR-CESAR-COLOMBIA

	PESO UNITARIO, % DE VACÍOS, GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO <small>NORMAS DE ENSAYO – INV. E-217-13, E-222-13</small>	VERSIÓN 3
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	VIGENCIA 20/05/15
		PAGINA 1 de 1

DATOS DEL REMITENTE		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
FECHA DE EXPEDICIÓN: 25/08/2021		CÓDIGO: AG.RE.AP.007-09-21	
SOLICITANTE: JOSE MANUEL ADARRAGA REDONDO LUZ ADRIANA MORENO MURILLO	LOCALIZACIÓN OBRA: VALLEDUPAR - CESAR		
DIRECCIÓN: Mz A CASA 5B - FLORES DE MARIA	FECHA RECEPCIÓN MUESTRA: 19/08/2021		
OBRA: EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LA CENIZA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: ARENA		
	FECHA DE ENSAYO: 23/08/2021		

GRAVEDAD ESPECIFICA AGREGADO FINO	ARENA	
Peso frasco + muestra		687,2
Peso frasco		187,2
Peso picnómetro + agua	B	472,1
Peso muestra S.S.S.	S	500
Peso muestra + agua + picnómetro	C	972,1
Peso muestra seca en horno	A	461,5
GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE	A	2,613
	(B + A - C)	
GRAVEDAD ESPECIFICA BULK	A	2,146
	(B + S - C)	
GRAVEDAD ESPECIFICA BULK S.S.S.	S	2,325
	(B + S - C)	
ABSORCIÓN (%)	(S-A)*100	8,342
	A	

PESO UNITARIO AGREGADO FINO		ARENA	
Volumen molde (cm ³)		2426,87	
SUELTO		COMPACTO	
Peso 1 g	2903	Peso 1 g	3271
Peso 2 g	2887	Peso 2 g	3243
Peso 3 g	2897	Peso 3 g	3232
Promedio g	2896	Promedio g	3249
Peso unitario suelto g	1,193	Peso unitario compacto g/cm ³	1,339

Porcentaje de vacío	48,8
---------------------	------

Observaciones:



 REVISÓ Y PROBO:
EBERTO ORTEGA SINNING
 DIRECTOR TÉCNICO

TRANSVERSAL 8 No 2 C - 48 LOS CAMPANOS TEL. 5834724 CEL. 3126690172-3005633896
 Pagina Web: www.vyoingenieria.com E-MAIL: vyoingenieria@gmail.com
VALLEDUPAR-CESAR-COLOMBIA

www.unicesar.edu.co

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380

	PESO UNITARIO, % DE VACÍOS, GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO <small>NORMAS DE ENSAYO – INV. E-217-13, E-223-13</small>	VERSIÓN 3
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	VIGENCIA 20/05/15
		PAGINA 1 de 1

DATOS DEL REMITENTE		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
FECHA DE EXPEDICIÓN: 08/01/2021		CÓDIGO: AG.RE.AP.007-09-21	
SOLICITANTE: JOSE MANUEL ADARRAGA REDONDO LUZ ADRIANA MORENO MURILLO		LOCALIZACIÓN OBRA: VALLEDUPAR - CESAR	
DIRECCIÓN: Mz A CASA 5B - FLORES DE MARIA		FECHA RECEPCIÓN MUESTRA: 19/08/2021	
OBRA: EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LA CENIZA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO		DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: GRAVA	
		FECHA DE ENSAYO: 23/08/2021	

GRAVEDAD ESPECIFICA AGREGADO GRUESO		3/4 "
B = Peso muestra en condición S.S.S.		994,7
Pa = Peso canasta sumergida en agua		0
Pb = Peso canasta + muestra sumergida en agua		595,1
C = Peso muestra sumergida en agua = Pb - Pa		595,1
A = Peso muestra seca en horno		979,9
GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE	A	2,547
	A - C	
GRAVEDAD ESPECIFICA BULK	A	2,452
	B - C	
GRAVEDAD ESPECIFICA BULK S.S.S.	B	2,489
	B - C	
ABSORCIÓN (%)	(B-A)*100	1,51
	A	

PESO UNITARIO AGREGADO GRUESO NTC 92				3/4 "
Volumen molde (cm ³)		2426,87		
SUELTO		COMPACTO		
Peso 1 g	3704	Peso 1 g		3891
Peso 2 g	3734	Peso 2 g		3955
Peso 3 g	3748	Peso 3 g		3922
Promedio g	3729	Promedio g		3923
Peso unitario suelto g/cm ³	1,536	Peso unitario compacto g/cm ³		1,616

Porcentaje de vacíos	36,5
----------------------	------

Observaciones:


 REVISÓ Y APROBÓ:
EBERTO ORTEGA SINNING
 DIRECTOR TÉCNICO

TRANSVERSAL 8 No 2 C - 48 LOS CAMPANOS TEL. 5834724 CEL. 3126690172-3005633896
 Pagina Web: www.vyoingenieria.com E-MAIL: vyoingenieria@gmail.com
VALLEDUPAR-CESAR-COLOMBIA

www.unicesar.edu.co

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380



ANALQUIM LTDA.
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y CALIDAD DEL AIRE



INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO

CODIGO: 226529

PAGINA: 1 de 1

SEÑOR(ES):	JOSE ADARRAGA - LUZ MORENO		
DIRECCIÓN:	CL 17 A 19 C 75	TELÉFONO: 3232907941	
MUESTRA PROCEDENTE DE:	NO ESPECIFICA	DEPARTAMENTO: NO ESPECIFICA	
LUGAR TOMA DE LA MUESTRA:	VEREDA EL CIELO-VALLEDUPAR	TIPO DE MUESTRA: RESIDUOS SOLIDOS	
PUNTO DE CAPTACIÓN:	HORNOS DE LADRILLOS N: 10° 19' 43.16" O: 73° 19' 41.29"		
FECHA Y HORA DE MUESTREO:	2021-12-01 9:00 H	FECHA RECEPCIÓN:	2022-01-13

RESULTADOS

ENSAYO	FEC-ANALISIS	TECNICA DE ANALISIS	REFERENCIA	RESULTADO
z. DIÓXIDO DE SILICIO	2022-02-04	Cálculo a partir de la determinación de silicio extractable con oxalato ácido.	IGAG, 6 Ed. 2006	1,53 % SiO ₂

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente.

Referencia (IGAC): Instituto Geográfico Agustín Codazzi

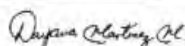
z. Parámetros no acreditados realizados en Analquim LTDA.

Nota: Analquim Ltda no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente ni de las condiciones al momento

de la toma (preservación o recipiente no entregado por Analquim LTDA) que puedan afectar la validez del resultado.

El presente documento no podrá ser reproducido parcialmente y es válido únicamente si tiene firma.

Si desea verificar el Informe de Resultados, puede comunicarse al correo controldeproyectos@analquim.com



Dayana Margarita Martínez Mendivil
Director de laboratorio

NOTA: Los resultados del presente informe hacen referencia únicamente a la muestra analizada.

Bogotá, 2022-02-10

FECHA DE EXPEDICIÓN

ANQ-PL-071-1 - Versión 2

FIN DE FIRMAS

El plazo límite para cualquier observación sobre los resultados de este informe, es de 5 días hábiles contados a partir de la fecha de expedición del mismo.

Sede Laboratorio Carrera 25 No. 73 - 60/66 • www.analquim.com • Bogotá, D.C. - Colombia
Sede Administrativa Carrera 27 No. 73 - 77 • **PBX:** (57) (1) 6309945 • **Celulares:** 315 7718638 - 321 4682946 - 312 4203739 - 315 8602196
E-mail: gerenciacomercial@analquim.com - resultados@analquim.com - atencionalcliente@analquim.com - gerencia@analquim.com

www.unicesar.edu.co

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380



<u>INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO</u>					CODIGO: 226530
					PAGINA: 1 de 1
SEÑOR(ES):		JOSE ADARRAGA - LUZ MORENO			
DIRECCIÓN:		CL 17 A 19 C 75			TELÉFONO: 3232907941
MUESTRA PROCEDENTE DE:		NO ESPECIFICA			DEPARTAMENTO: NO ESPECIFICA
LUGAR TOMA DE LA MUESTRA:		VEREDA EL CIELO-VALLDUPAR			TIPO DE MUESTRA: RESIDUOS SOLIDOS
PUNTO DE CAPTACIÓN:		HORNOS DE LADRILLOS N: 10° 19' 43.16" O: 73° 19' 41.29"			
FECHA Y HORA DE MUESTREO:		2021-12-01 9:00 H			FECHA RECEPCIÓN: 2022-01-13
RESULTADOS					
ENSAYO	FEC-ANALISIS	TECNICA DE ANALISIS	REFERENCIA	RESULTADO	
z. OXIDO DE ALUMINIO	2022-02-04	Cálculo a partir de la determinación de aluminio extractable con oxalato ácido.	IGAG, 6 Ed. 2006	0,0016 % Al2O3	
OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente.					
Referencia (IGAC): Instituto Geográfico Agustín Codazzi					
z. Parámetros no acreditados realizados en Analquim LTDA.					
Nota: Analquim Ltda no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente ni de las condiciones al momento de la toma (preservación o recipiente no entregado por Analquim LTDA) que puedan afectar la validez del resultado.					
El presente documento no podrá ser reproducido parcialmente y es válido únicamente si tiene firma.					
Si desea verificar el Informe de Resultados, puede comunicarse al correo controldeproyectos@analquim.com					
 Dayana Margarita Martínez Mendivil Director de laboratorio		NOTA: Los resultados del presente informe hacen referencia únicamente a la muestra analizada. Bogotá, 2022-02-10 FECHA DE EXPEDICIÓN			
FIN DE FIRMAS					ANQ-PL-071-1 - Versión 2
El plazo límite para cualquier observación sobre los resultados de este informe, es de 5 días hábiles contados a partir de la fecha de expedición del mismo.					

Sede Laboratorio Carrera 25 No. 73 - 60/66 • www.analquim.com • Bogotá, D.C. - Colombia
Sede Administrativa Carrera 27 No. 73 - 77 • PBX: (57) (1) 6309945 • Celulares: 315 7718638 - 321 4682946 - 312 4203739 - 315 8602196
E-mail: gerenciacomercial@analquim.com - resultados@analquim.com - atencionalcliente@analquim.com - gerencia@analquim.com

www.unicesar.edu.co

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380





<u>INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO</u>					CODIGO: 226531
					PAGINA: 1 de 1
SEÑOR(ES):		JOSE ADARRAGA - LUZ MORENO			
DIRECCIÓN:		CL 17 A 19 C 75			TELÉFONO: 3232907941
MUESTRA PROCEDENTE DE:		NO ESPECIFICA			DEPARTAMENTO: NO ESPECIFICA
LUGAR TOMA DE LA MUESTRA:		VEREDA EL CIELO-VALLEDUPAR			TIPO DE MUESTRA: RESIDUOS SOLIDOS
PUNTO DE CAPTACIÓN:		HORNOS DE LADRILLOS N: 10º 19' 43.16" O: 73º 19' 41.29"			
FECHA Y HORA DE MUESTREO:		2021-12-01 9:00 H			FECHA RECEPCIÓN: 2022-01-13
RESULTADOS					
ENSAYO	FEC-ANALISIS	TÉCNICA DE ANALISIS	REFERENCIA	RESULTADO	
z. ÓXIDO FÉRRICO	2022-02-04	Cálculo a partir de la determinación de hierro extractable con oxalato ácido.	IGAG, 6 Ed. 2006	0,00063 % Fe2O3	
OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente.					
Referencia (IGAG): Instituto Geográfico Agustín Codazzi					
z. Parámetros no acreditados realizados en Analquim LTDA.					
Nota: Analquim Ltda no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente ni de las condiciones al momento de la toma (preservación o recipiente no entregado por Analquim LTDA) que puedan afectar la validez del resultado.					
El presente documento no podrá ser reproducido parcialmente y es válido únicamente si tiene firma.					
Si desea verificar el Informe de Resultados, puede comunicarse al correo controldeproyectos@analquim.com					
 Dayana Margarita Martínez Mendivil Director de laboratorio		NOTA: Los resultados del presente informe hacen referencia únicamente a la muestra analizada. Bogotá, 2022-02-10 FECHA DE EXPEDICIÓN			
FIN DE FIRMAS					ANQ-PL-071-1 - Versión 2
El plazo límite para cualquier observación sobre los resultados de este informe, es de 5 días hábiles contados a partir de la fecha de expedición del mismo.					

Sede Laboratorio Carrera 25 No. 73 - 60/66 • www.analquim.com • Bogotá, D.C. - Colombia
Sede Administrativa Carrera 27 No. 73 - 77 • PBX: (57) (1) 6309945 • Celulares: 315 7718638 - 321 4682946 - 312 4203739 - 315 8602196
E-mail: gerenciacomercial@analquim.com - resultados@analquim.com - atencionalcliente@analquim.com - gerencia@analquim.com

www.unicesar.edu.co

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380

 	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO NORMA DE ENSAYO – INV. E-410-13	VERSIÓN 12
		CÓDIGO 50C-F-63
		13/03/2021
INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS		PÁGINA 1 de 1

DATOS DEL REMITENTE:		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	
FECHA DE EXPEDICIÓN: 2021 DE SEPTIEMBRE 08		CÓDIGO: RC.RE.AP.005-08-21	
SOLICITANTE: JOSE ADARRAGA - LUZ MORENO		LOCALIZACIÓN OBRA: MUNICIPIO VALLEDUPAR, CESAR	
DIRECCIÓN: MUNICIPIO VALLEDUPAR, CESAR			
CORREO ELECTRÓNICO: luzmoreno99.12@gmail.com		EQUIPO: PC-42 SERIE 340	CÓDIGO INTERNO: P-COM-02
TELÉFONO: 302 438 2788		HERRAMIENTAS: PIE DE REY (PR-01): (X) CALIBRADORES (GA-01): (X) ESCUADRA (ES-01): (X) NEOPRENOS : (X) TERMOCROMÓMETRO (TH-01): (X) BALANZA (BAL-D-12): (X)	
OBRA: PROYECTO DE GRADO		CONDICIONES AMBIENTALES: TEMPERATURA: 30,4 HUMEDAD (%): 73 CURADO: -	
		FECHA DISPONIBLE AL CLIENTE: 2021 DE SEPTIEMBRE 08	
		FECHA RECEPCIÓN MUESTRA: 2021 DE AGOSTO 28	
		LABORATORISTA: YEMAR BARRIOS BOTELO	

AVANCE N° 01														
MUESTRA N°	ELEMENTO	FECHA DE FUNDIDA	FECHA DE NOTIFICACION	EDAD (DÍAS)	DIÁMETRO (MM)	ALTEZA (MM)	PRES. (MPa)	AREA TRANSV. (CM²)	CARGO MAX. (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION		ESTRUCTURACION	TIPO DE FRACTURA	DUREZA (N/mm²)
										MPa	MPa			
1	M1 (3000 PSI)	26/08/2021	2/09/2021	7	153,0	302,0	12,870	18885	218,55	11,89	1724,1	TAPAS NO ADHERIDAS (NEOPRENO)	5	2817,9
1	M2 (3000 PSI)	26/08/2021	2/09/2021	7	152,0	299,0	12,510	18146	211,38	11,65	1689,5	TAPAS NO ADHERIDAS (NEOPRENO)	3	2805,7
TOTAL CILINDROS											2			

Nota: Los resultados que están sombreados son los que confirman este informe.
Los datos de estimación de la incertidumbre serán suministrado siempre y cuando el cliente los solicite.
Toda información de resultados enviada en este informe son responsabilidad de VVO INGENIERÍA SAS
VVO INGENIERIA S.A.S. acepta los resultados de este informe acorde a las características de las muestras recibidas.



OBSERVACIONES:



IMPORTANTE:

- * Los informes de los ensayos de laboratorio sin la firma original del Director Técnico del Laboratorio, no tienen validez.
- * Este informe expresa fielmente los resultados obtenidos y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron los ensayos.
- * Este resultado está relacionado solamente con el ítem sometido a ensayo.
- * Los factores de conversión son tomados de la Norma Técnica Colombiana NTC 3669.

REVISO Y APROBADO:
YEMAR BARRIOS BOTELO
DIRECTOR TÉCNICO

 <p>ACREDITADO ONAC ORGANISMO NACIONAL DE CERTIFICACIÓN COLOMBIANA BO/EC 17025:2017 17-LAB-004</p> 	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO NORMA DE ENSAYO – INV. E-410-13	VERSIÓN 12
		CÓDIGO SGC-F.63
		13/03/2021
INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS		PAGINA 1 de 1

DATOS DEL REMITENTE:		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	
FECHA DE EXPEDICIÓN:	2021 DE SEPTIEMBRE 08	CÓDIGO:	RC.RE.AP.043-08-21
SOLICITANTE:	JOSE ADARRAGA - LUZ MORENO	LOCALIZACIÓN OBRA:	MUNICIPIO VALLEDUPAR, CESAR
DIRECCIÓN:	MUNICIPIO VALLEDUPAR, CESAR	EDIFICIO:	PC-42 SERRE 340
CORREO ELECTRÓNICO:	lumoreno99.12@gmail.com	CÓDIGO INTERNO:	P-COM-02
TELÉFONO:	302 438 2788	HERRAMIENTAS:	PIE DE REY (PR-01): (X) CALIBRADORES (CA-01): (X) ESCUADRA (EI-01): (X) NECOPRENOS (X) TERMOHIGROMETRO (TH-01): (X) BALANZA (BAL-D-12): (X)
OBRA:	PROYECTO DE GRADO	CONDICIONES AMBIENTALES:	TEMPERATURA: 30,4 HUMEDAD (%): 73 CURADO:
		FECHA DISPONIBLE AL CLIENTE:	2021 DE SEPTIEMBRE 08
		FECHA RECEPCIÓN MUESTRA:	2021 DE AGOSTO 28
		LABORATORISTA:	YEMAR SARRIOS SOTILO

AVANCE N° 02													RETORNACION	FACTOR DE FRACURA	DEBILIDAD (MPa)
MUESTRA N°	ELEMENTO	FECHA DE RECIBIDA	FECHA DE ENTREGA	NOVO (mm)	DIAMETRO (mm)	ALTO (mm)	PROB (kg)	RESUL TADO (MPa)	COEF. ANG. (MPa)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (MPa)					
1	M1 (3000 PSI)	26/08/2021	9/09/2021	14	153,0	307,0	13,023	1885	263,97	14,36	2082,4	TAPAS NO ADHERIDAS (NEOPRENO)	5	2307,3	
1	M2 (3000 PSI)	26/08/2021	9/09/2021	14	151,0	305,0	12,644	17908	275,54	15,39	2231,6	TAPAS NO ADHERIDAS (NEOPRENO)	5	2314,9	
TOTAL CILINDROS															2



Nota: Los resultados que están comparados con los que conforman este informe.
 Los datos de estimación de la incertidumbre serán suministrado siempre y cuando el cliente lo solicite.
 Toda información de resultados enviada en este informe son responsabilidad de VVO INGENIERÍA SAS.
 VVO INGENIERIA S.A.S acepta los resultados de este informe acorde a las características de las muestras recibidas.

OBSERVACIONES:



IMPORTANTE:
 * Los informes de los ensayos de laboratorio sin la firma original del Director Técnico del Laboratorio, no tienen validez.
 * Este informe expresa fielmente los resultados obtenidos y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron los ensayos.
 * Este resultado está relacionado solamente con el ítem sometido a ensayo.
 * Los factores de conversión son tomados de la Norma Técnica Colombiana NTC 3609.

REVISÓ Y APROBO:
 YEMAR SARRIOS SOTILO
 DIRECTOR TÉCNICO

 	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO NORMA DE ENSAYO – INV. E-410-13	VERSIÓN 12
		CODIGO SGC-F.83
		13/03/2021
INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS		PAGINA 1 de 1

DATOS DEL REMITENTE:		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	
FECHA DE EXPEDICIÓN:	2021 DE OCTUBRE 02	CÓDIGO:	RC.RE.AP.011-10-21
SOLICITANTE:	JOSE ADARRAGA - LUZ MORENO	LOCALIZACIÓN OBRA:	MUNICIPIO VALLEDUPAR, CESAR
DIRECCIÓN:	MUNICIPIO VALLEDUPAR, CESAR		
CORREO ELECTRÓNICO:	kuzmoreno99.12@gmail.com		
TELÉFONO:	302 438 2788	EQUIPO:	PC-42 50RE340 CÓDIGO INTERNO: P-COM-02
		HERRAMIENTAS:	PIEDE DE REY (PR-01): (X) CALIBRADORES (CA-01): (X) ESQUADRA (ES-01): (X) NEOFRENO: (X) TERMOMETRO (TH-01): (X) BALANZA (BAL-D-12): (X)
OBRA:	PROYECTO DE GRADO	CONDICIONES AMBIENTALES:	TEMPERATURA: 29,3 HUMEDAD: 94 CURADO:
		FECHA DISPONIBLE AL CLIENTE:	2021 DE SEPTIEMBRE 27
		FECHA RECEPCIÓN MUESTRA:	2021 DE AGOSTO 27
		LABORATORISTA:	YIMAR BAÑOS SOTILO

AVANCE N° 03															
MUESTRA N°	ELEMENTO	FECHA DE FUNDIDA	FECHA DE ROTURA	EDAD (DÍAS)	DIÁMETRO (MM)	ALTEZA (MM)	V (CM³)	N	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				RETRACCIÓN	FRACTURAS	CARGA (Kg/cm²)
									AREA NOMINAL (CM²)	CARGA MÁX (KG)	RES	RES			
I	M1 (3000 PSI)	27/08/2021	24/09/2021	28	153,0	299,0	12,658	18385	424,58	23,09	3340,4	TAPAS NO ADHERIDAS (NEOFRENO)	5	2302,6	
I	M2 (3000 PSI)	27/08/2021	24/09/2021	28	153,0	306,0	13,196	18385	420,37	22,86	3316,2	TAPAS NO ADHERIDAS (NEOFRENO)	5	2343,8	
TOTAL CILINDROS														2	

Nota: Los resultados, que están comparados con los que conforman este informe, los datos de estimación de la incertidumbre serán suministrado siempre y cuando el cliente los solicite. Toda información de resultados enviada en este informe son responsabilidad de VVO INGENIERÍA SAS. VVO INGENIERÍA S.A.S. asume los resultados de este informe acorde a las características de las muestras recibidas.



OBSERVACIONES:



IMPORTANTE:

- * Los informes de los ensayos de laboratorio sin la firma original del Director Técnico del Laboratorio, no tienen validez.
- * Este informe expresa fielmente los resultados obtenidos y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron los ensayos.
- * Este resultado está relacionado solamente con el ítem sometido a ensayo.
- * Los factores de conversión son tomados de la Norma Técnica Colombiana NTC 3600

REVISÓ Y APROBÓ:
ESBERTO ORTIGUEZ SANCHEZ
DIRECTOR TÉCNICO

  <p>ACREDITADO ONAC ORGANIZACIÓN NACIONAL DE CONTROL ESPECIAL DE CALIDAD LIC. CUI/EC 1702612017 19-LAB-004</p>	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO NORMA DE ENSAYO – INV. E-410-13	VERSIÓN 12
		CODIGO 56CF-63
		13/03/2021
INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS		PÁGINA 1 de 1

DATOS DEL REMITENTE:		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	
FECHA DE EXPEDICIÓN:	2021 DE DICIEMBRE 23	CÓDIGO:	RC.RE.AP-108-12-21
SOLICITANTE:	JOSE ADARRAGA - LUZ MORENO	LOCALIZACIÓN OBRA:	MUNICIPIO VALLEDUPAR, CESAR
DIRECCIÓN:	MUNICIPIO VALLEDUPAR, CESAR	EQUIPO:	PC-42 SERIE 340 CÓDIGO INTERNO: P-COM-02
CORREO ELECTRÓNICO:	lazmoreno93.12@gmail.com	HERRAMIENTAS:	PIE DE REY (PR-01): (X) CALIBRADORES (GA-01): (X) (X) NEOPRENOS : (X) ESCUADRA (ES-01): BALANZA (BAL-D-12)(X) TERMOMETRO (TH-01): (X)
TELÉFONO:	302 438 2786	CONDICIONES AMBIENTALES:	TEMPERATURA: 28,3 HUMEDAD (%): 54 CURADO:
OBRA:	PROYECTO DE GRADO	FECHA DISPONIBLE AL CLIENTE:	2021 DE DICIEMBRE 23
		FECHA RECEPCIÓN MUESTRA:	2021 DE DICIEMBRE 18
		LABORATORISTA:	YEMAR BARRIOS SOTELO

AVANCE N° 04														
MUESTRA N°	ELEMENTO	FECHA DE FUNDIDA	FECHA DE NOTIFIC	EDAD	DIAMETRO	ALTIMA	PESO	AREA TRANSV.	CARGA MÁX.	RESISTENCIA A COMPRESION		REFERENCIACION	NÚMERO DE MUESTRA	DENSIDAD (kg/m³)
				(Días)	(mm)	(mm)	(kg)	(cm²)	(kg)	(MPa)	(kgf)			
1	#1 C - 5% (3000 PSI)	2021-12-15	2021-12-23	7	153,1	304,0	12,930	18409	253,60	13,78	1986,0	TAPAS NO ADHERIDAS (NEOPRENO)	3	2310,4
1	#2 C - 5% (3000 PSI)	2021-12-15	2021-12-23	7	148,0	303,5	12,853	17208	243,00	14,13	2048,7	TAPAS NO ADHERIDAS (NEOPRENO)	3	2461,7
TOTAL CILINDROS											2			



Nota: Los resultados que estén sombreados son los que conforman este Informe.
Los datos de estimación de la incertidumbre serán suministrado siempre y cuando el cliente los solicite.
Toda información de resultados enviada en este informe son responsabilidad de VVO INGENIERIA SAS
VVO INGENIERIA S.A.S expide los resultados de este Informe acorde a las características de las muestras recibidas.

OBSERVACIONES:



IMPORTANTE:
* Los Informes de los ensayos de laboratorio sin la firma original del Director Técnico del laboratorio, no tienen validez.
* Este Informe expresa fielmente los resultados obtenidos y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron los ensayos.
* Este resultado está relacionado solamente con el ítem sometido a ensayo.
* Los factores de conversión son tomados de la Norma Técnica Colombiana NTC 3509

RICARDO Y ANIBALDO
BARRIOS ORTIZ SOTELO
DIRECTOR TÉCNICO

  <p>ACREDITADO ONAC ORGANIZACIÓN NACIONAL DE CONTROL Y CALIDAD LIC. C/VEC 1702612017 19-LAB-004</p>	<p>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO NORMA DE ENSAYO – INV. E-410-13</p>	<p>VERSIÓN 12</p>
		<p>CODIGO 56CF-63</p>
		<p>2021-03-13</p>
<p>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS</p>		<p>PÁGINA 1 de 1</p>

DATOS DEL REMITENTE:		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	
FECHA DE EXPEDICIÓN:	2021 DE DICIEMBRE 28	CÓDIGO:	RC.RE.AP-127-12-21
SOLICITANTE:	JOSE ADARRAGA - LUZ MORENO	LOCALIZACIÓN OBRA:	MUNICIPIO VALLEDUPAR, CESAR
DIRECCIÓN:	MUNICIPIO VALLEDUPAR, CESAR	EQUIPO:	PC-42 SERIE 340 CÓDIGO INTERNO: F-COM-02
CORREO ELECTRÓNICO:	luzmoreno93.12@gmail.com	HERRAMIENTAS:	PIE DE REY (PR-01): (X) CALIBRADORES (GA-01): (X) ESCUADRA (ES-01): (X) (X) NEOPRENOS : (X) TERMOMIGROMETRO (TH-01): (X) BALANZA (BAL-D-17)(X)
TELÉFONO:	302 438 2786	CONDICIONES AMBIENTALES:	TEMPERATURA: 29 HUMEDAD (%): 54 CURADO: 01
OBRA:	PROYECTO DE GRADO	FECHA DISPONIBLE AL CLIENTE:	2021 DE DICIEMBRE 28
		FECHA RECEPCIÓN MUESTRA:	2021 DE DICIEMBRE 24
		LABORATORISTA:	YEMAR BARRIOS SOTELO

AVANCE N° 5														
MUESTRA N°	ELEMENTO	FECHA DE FUNDIDA	FECHA DE NOTIFIC.	EDAD (Días)	DIÁMETRO (mm)	ALTIMETRO (mm)	PESO (kg)	ÁREA TRANSV. (cm²)	CARGA MÁX. (kg)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (MPa)		REFERENCIACIÓN	FECHA DE REALIZACIÓN	UNIDAD (kg/cm²)
1	#1 C - 10% (3000 PSI)	2021-12-22	2021-12-25	7	152,7	300,0	13,179	18313	218,17	11,91	1727,9	TAPAS NO ADHERIDAS (NEOPRENO)	5	2305,9
1	#2 C - 10% (3000 PSI)	2021-12-22	2021-12-25	7	153,7	301,0	13,093	18554	233,73	13,78	1999,2	TAPAS NO ADHERIDAS (NEOPRENO)	5	2344,4
TOTAL CILINDROS														2



Nota: Los resultados que estén sombreados son los que conforman este Informe.
Los datos de estimación de la incertidumbre serán suministrado siempre y cuando el cliente los solicite.
Toda información de resultados enviada en este informe son responsabilidad de VVO INGENIERÍA SAS
VVO INGENIERIA S.A.S expide los resultados de este Informe acorde a las características de las muestras recibidas.

OBSERVACIONES:



IMPORTANTE:
* Los Informes de los ensayos de laboratorio sin la firma original del Director Técnico del laboratorio, no tienen validez.
* Este Informe expresa fielmente los resultados obtenidos y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron los ensayos.
* Este resultado está relacionado solamente con el ítem sometido a ensayo.
* Los factores de conversión son tomados de la Norma Técnica Colombiana NTC 3509


YEMAR BARRIOS SOTELO
DIRECTOR TÉCNICO

 	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO	VERSIÓN 12
	NORMA DE ENSAYO – INV. E-410-13	CÓDIGO SSC-F-63
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	2021-03-13
		PAGINA 1 de 1

DATOS DEL REMITENTE:		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	
FECHA DE EMISIÓN:	2022 DE ENERO 03	CÓDIGO:	RC.RE.AP.019-01-22
SOLICITANTE:	JOSE ADARRAGA - LUZ MORENO	LOCALIZACIÓN OBRA:	MUNICIPIO VALLEDUPAR, CESAR
DIRECCIÓN:	MUNICIPIO VALLEDUPAR, CESAR	EQUIPO:	PC-42 SERIE 340
CORREO ELECTRÓNICO:	lumoreno99.12@gmail.com	CODIGO INTERNO:	P-COM-02
TELÉFONO:	302 438 2786	HERRAMIENTAS:	PE DE REV (PR-01): (X) CALIBRADORES (GA-01): (X) ESCUADRA (ES-01): (X) NEOPRENOS : (X) TERMOMETRO (TH-01): (X) BALANZA (BAL-D-17):(X)
OBRA:	PROYECTO DE GRADO	CONDICIONES AMBIENTALES:	TEMPERATURA: 23 HUMEDAD(%): 54 CURADO: SI
		FECHA DISPONIBLE AL CLIENTE:	2021 DE DICIEMBRE 28
		FECHA RECEPCIÓN MUESTRA:	2021 DE DICIEMBRE 18
		LABORATORISTA:	YEIMAR BARRIOS SOTELO

AVANCE N°06													RESERVA	FILTRO DE PASTA	UNIDAD (Kg/m ³)
MUESTRA N°	CEMENTO	FECHA DE FUNDIDA	FECHA DE NOTURA	EDAD (Días)	DIÁMETRO (mm)	ALTO (mm)	PESO (kg)	ÁREA TALLADA (cm ²)	CARGA MÁX. (Kg)	DEFORMACIÓN (MPa)	DEFORMACIÓN (mm)				
1	#3 C - 5% (3000 PSI)	2021-12-16	2021-12-30	14	151,8	305,0	13,100	18098	279,95	15,47	2243,5	TAPAS NO ADHERIDAS (NEOPRENÓ)	5	2373,2	
1	#4 C - 5% (3000 PSI)	2021-12-16	2021-12-30	14	152,8	305,0	13,130	18345	273,86	14,93	2165,2	TAPAS NO ADHERIDAS (NEOPRENÓ)	5	2346,7	
TOTAL CILINDROS														2	

Nota: Los resultados, que están combinados son los que conforman este informe.
Los datos de estimación de la incertidumbre serán suministrado siempre y cuando el cliente los solicite.
Toda información de resultados enviada en este informe son responsabilidad de VVO INGENIERIA SAS.
VVO INGENIERIA S.A.S expide los resultados de este informe acorde a las características de las muestras recibidas.


Observaciones:



IMPORTANTE:

- * Los informes de los ensayos de laboratorio sin la firma original del Director Técnico del Laboratorio, no tienen validez.
- * Este informe expresa fielmente los resultados obtenidos y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron los ensayos.
- * Este resultado está relacionado solamente con el ítem sometido a ensayo.
- * Los factores de conversión son tomadas de la Norma Técnica Colombiana NTC- 3589.

INGENIO Y ANÁLISIS
INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
DIRECTOR TÉCNICO

 <p>ACREDITADO ONAC Asociación Nacional de Acreditación de Colombia BOJIEC 17025:2017 T9:LAB-004</p>	<p>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO NORMA DE ENSAYO – INV. E-410-13</p>	VERSIÓN 12
		CODIGO SGC-F.63
		2021-03-18
<p>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS</p>		PAGINA 1 de 1

DATOS DEL REMITENTE:		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	
FECHA DE EMISIÓN:	2022 DE ENERO 04	CODIGO:	RC-RE-AP.028-01-22
SOLICITANTE:	JOSE ADARRAGA - LUZ MORENO	LOCALIZACIÓN OBRA:	MUNICIPIO VALLEDUPAR, CESAR
DIRECCIÓN:	MUNICIPIO VALLEDUPAR, CESAR	EQUIPO:	PC-42 SERIE 340 CODIGO INTERNO: P-COM-02
CORREO ELECTRÓNICO:	lumoreno99.12@gmail.com	HERRAMIENTAS:	PIE DE REY (PR-01): (X) CALIBRADORES (GA-01): (X) ESCUADRA (ES-01): (X) NEOPRENOS : (X) TERMOMETRO (TH-01): (X) BALANZA (BAL-D-17):(X)
TELÉFONO:	302 438 2788	CONDICIONES AMBIENTALES:	TEMPERATURA: 20 HUMEDAD(%) 54 CURADO: 28
OBRA:	PROYECTO DE GRADO	FECHA DISPONIBLE AL CLIENTE:	2022 DE ENERO 04
		FECHA RECEPCIÓN MUESTRA:	2021 DE DICIEMBRE 28
		LABORATORISTA:	YEMAR BARRIOS BOTELO

AVANCE N°07															
MUESTRA N°	ELEMENTO	FECHA DE FUNDIDA	FECHA DE ENTREGA	EDAD (Días)	DIÁMETRO		ALTO (mm)	PESO (kg)	ÁREA TRANSV. (cm²)	VOLUMEN (cm³)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		RETENDACION	NÚMERO DE MUESTRA	DENSIDAD (kg/m³)
					(mm)	(mm)					(MPa)	(kgf/cm²)			
1	#1 C - 15% (3000 PSI)	2021-12-29	2022-01-05	7	151,3	306,0	13,058	17970	234,70	13,06	1294,3	TAPAS NO ADHERIDAS (NEOPRENO)	2	2374,7	
1	#2 C - 15% (3000 PSI)	2021-12-29	2022-01-05	7	153,0	305,0	13,018	18385	222,17	12,08	1752,6	TAPAS NO ADHERIDAS (NEOPRENO)	2	2321,5	
TOTAL CILINDROS												2			

Nota: Los resultados que están sombreados son los que conforman este informe.
Los datos de estimación de la incertidumbre serán suministrado siempre y cuando el cliente los solicite
Toda información de resultados enviada en este informe son responsabilidad de VVO INGENIERIA SAS
VVO INGENIERIA S.A.S existe los resultados de este informe acorde a las características de las muestras recibidas



OBSERVACIONES:



IMPORTANTE:

- * Los informes de los ensayos de laboratorio sin la firma original del Director Técnico del laboratorio, no tienen validez.
- * Este informe expone fielmente los resultados obtenidos y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron los ensayos.
- * Este resultado está relacionado solamente con el ítem sometido a ensayo.
- * Los factores de conversión son tomados de la Norma Técnica Colombiana NTC 3059


ROBERTO ORTEGA SÁNCHEZ
DIRECTOR TÉCNICO

 <p>ACREDITADO ONAC ORGANISMO NACIONAL DE ACREDITACIÓN DE COLOMBIA</p> <p>ISO/IEC 17025:2017 19-LAB-004</p> 	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO NORMA DE ENSAYO – INV. E-410-13	VERSIÓN 12
		CODIGO SGC-F.63
		2021-03-13
INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS		PAGINA 1 de 1

DATOS DEL REMITENTE:		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	
FECHA DE EXPEDICIÓN:	2022 DE ENERO 06	CODIGO:	RC.RE.AP.034-01-22
SOLICITANTE:	JOSE ADARRAGA - LUZ MORENO	LOCALIZACIÓN OBRA:	MUNICIPIO VALLEDUPAR, CESAR
DIRECCIÓN:	MUNICIPIO VALLEDUPAR, CESAR	EQUIPO:	PC-42 SERIE 340 CODIGO INTERNO P-COM-02
CORREO ELECTRÓNICO:	lutmoreno93.12@gmail.com	HERRAMIENTAS:	PIE DE REY (PR-01): (X) CALIBRADORES (GA-01): (X) ESCUADRA (ES-01): (X) NEOPRENOS : (X) BALANZA (BAL-0-17):(X)
TELÉFONO:	302 438 2788	CONDICIONES AMBIENTALES:	TEMPERATURA(°C): 20 HUMEDAD(%) 54 CURADO: 28
OBRA:	PROYECTO DE GRADO	FECHA DISPONIBLE AL CLIENTE:	2022 DE ENERO 06
		FECHA RECEPCIÓN MUESTRA:	2021 DE DICIEMBRE 28
		LABORATORISTA:	YEMAR BARROS SOTELO

AVANCE N°08														
MUESTRA N°	ELEMENTO	FECHA DE FUNDIDA	FECHA DE ENTREGA	EDAD (Días)	DIAMETRO (mm)	ALTO (mm)	PESO (kg)	AREA TRANSV. (cm²)	CARGA FINAL (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (MPa)		REFERENCIACION	NÚMERO DE FRAGILAS	RESISTENCIA (kg/cm²)
1.	#3 C - 10% (3000 PSI)	2021-12-22	2022-01-05	14	151,0	304,0	12,930	17908	299,91	16,75	2429,0	TAPAS NO ADHERIDAS (NEOPRENO)	3	2375,1
1.	#4 C - 10% (3000 PSI)	2021-12-22	2022-01-05	14	150,0	303,5	13,200	17672	299,21	16,93	2455,8	TAPAS NO ADHERIDAS (NEOPRENO)	3	2461,2
TOTAL CILINDROS													2	



Nota: Los resultados que están sombreados son los que conforman este informe.
Los datos de estimación de la incertidumbre serán suministrado siempre y cuando el cliente los solicite.
Toda información de resultados enviada en este informe son responsabilidad de VVO INGENIERIA SAS.
VVO INGENIERIA S.A.S. existe los resultados de este informe acorde a las características de las muestras recibidas.

OBSERVACIONES:



IMPORTANTE:
* Los informes de los ensayos de laboratorio sin la firma original del Director Técnico del laboratorio, no tienen validez.
* Este informe expresa fielmente los resultados obtenidos y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron los ensayos.
* Este resultado está relacionado solamente con el tipo, tamaño y ensayo.
* Los factores de conversión son tomados de la Norma Técnica Colombiana NTC - 3009.

REVISADO Y APROBADO:
ROBERTO ORTIZ BARRERA
DIRECTOR TÉCNICO

  <p>ISO/IEC 17025:2017 17-LAB-004</p>	<p>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO NORMA DE ENSAYO – INV. E-410-13</p>	<p>VERSIÓN 12</p>
		<p>CODIGO SGC-65</p>
<p>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS</p>		<p>2021-05-13</p>
		<p>PAGINA 1 de 1</p>

DATOS DEL REMITENTE:		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	
FECHA DE EXPEDICIÓN:	2022 DE ENERO 12	CÓDIGO:	RC.RE.AP.073-01-22
SOLICITANTE:	JOSE ADARRAGA - LUZ MORENO	LOCALIZACIÓN OBRA:	MUNICIPIO VALLEDUPAR, CESAR
DIRECCIÓN:	MUNICIPIO VALLEDUPAR, CESAR		
CORREO ELECTRÓNICO:	lamoreno95.12@gmail.com	EQUIPO:	PC-42 SERIE 340 CÓDIGO INTERNO: P-COM-02
TELÉFONO:	302 438 2788	HERRAMIENTAS:	PIE DE REY (PR-01): (X) CALIBRADORES (GA-01): (X) ESQUADRA (ES-01): (X) NEOPRENOS: (X) TERMOMIGROMETRO (TH-01): (X) BALANZA (BAL-D-17):(X)
OBRA:	PROYECTO DE GRADO	CONDICIONES AMBIENTALES:	TEMPERATURA: 29,4 HUMEDAD(%):48 CURADO: 28
		FECHA DISPONIBLE AL CLIENTE:	2022 DE ENERO 12
		FECHA RECEPCIÓN MUESTRA:	2021 DE DICIEMBRE 28
		LABORATORISTA:	YEMAR BARROS SOTELO

AVANCE N°05														
MUESTRA N°	ELEMENTO	FECHA DE FUNDIDA	FECHA DE ACTIVA	EDAD		ACTUAL	FREQ	RESULTE	COMPR	RESISTENCIA A COMPRESION		RETRACCION	PESOS DE MUESTRA	DENSIDAD (kg/m³)
				(DIA)	(MES)					(MPa)	(MPa)			
1	#0 C - 15% (3000 PSI)	2021-12-28	2022-01-11	14	151,3	305,0	12,753	17979	245,13	13,60	1985,5	TAPAS NO ADHIERIDAS (NEOPRENO)	5	2325,6
1	#4 C - 15% (3000 PSI)	2021-12-28	2022-01-11	14	154,0	303,0	12,984	18627	252,36	14,09	2042,9	TAPAS NO ADHIERIDAS (NEOPRENO)	5	2300,6
TOTAL CILINDROS												2		

Nota: Los resultados que están sombreados son los que conforman este informe.
Los datos de estimación de la incertidumbre serán suministrado siempre y cuando el cliente los solicite.
Toda información de resultados enviada en este informe son responsabilidad de VVO INGENIERIA SAS.
VVO INGENIERIA S.A.S. emite los resultados de este informe acorde a las características de las muestras recibidas.



OBSERVACIONES:



IMPORTANTE:

- * Los informes de los ensayos de laboratorio sin la firma original del Director Técnico del Laboratorio, no tienen validez.
- * Este informe expresa fielmente los resultados obtenidos y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron los ensayos.
- * Este resultado está relacionado solamente con el ítem sometido a ensayo.
- * Los factores de conversión son tomados de la Norma Técnica Colombiana NTC 5008

REVISÓ Y APROBÓ:
YEMAR BARROS SOTELO
DIRECTOR TÉCNICO

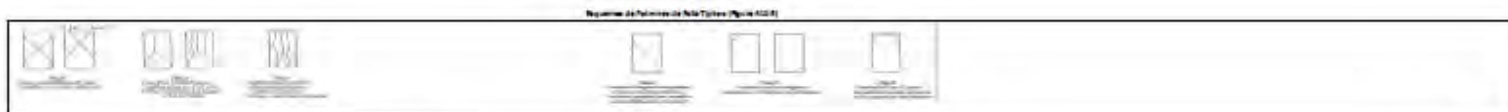
  <p>ACREDITADO ONAC COMITÉ NACIONAL DE ACREDITACIÓN COLOMBIANA ISO/IEC: 17025:2017 19-LAB-004</p>	<p>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO NORMA DE ENSAYO – INV. E-410-13</p>	<p>VERSIÓN 12</p> <p>CODIGO SGC-63</p> <p>2021-03-15</p>
	<p>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS</p>	<p>PAGINA 1 de 1</p>

DATOS DEL REMITENTE:		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	
FECHA DE EXPEDICIÓN:	2022 DE ENERO 14	CÓDIGO:	RC.RE.AP.088-01-22
SOLICITANTE:	JOSE ADARRAGA - LUZ MORENO	LOCALIZACIÓN OBRA:	MUNICIPIO VALLEDUPAR, CESAR
DIRECCIÓN:	MUNICIPIO VALLEDUPAR, CESAR		
CORREO ELECTRÓNICO:	lamoreno05.12@gmail.com		
TÉLEFONO:	302 438 2788	EQUIPO:	PC-42 SERIE 540 CÓDIGO INTERNO: P-COM-02
		HERRAMIENTAS:	PIE DE REY (PR-01): (X) CALIBRADORES (GA-01): (X) ESCUADRA (ES-01): (X) NEOPRENOS : (X) TERMOMIGROMETRO (TH-01): (X) BALANZA (BAL-0-17):(X)
		CONDICIONES AMBIENTALES:	TEMPERATURA(°C): 30,1 HUMEDAD(%) 57 CURADO: SI
OBRA:	PROYECTO DE GRADO	FECHA DISPONIBLE AL CLIENTE:	2022 DE ENERO 14
		FECHA RECEPCIÓN MUESTRA:	2021 DE DICIEMBRE 18
		LABORATORISTA:	YEMAR BARROS BOTELO

AVANCE N°08														
MUESTRA*	ELEMENTO	FECHA DE FUNDIDA	FECHA DE ACTIVA	ESPA		ACTIVA	PESO	DENSIDAD		RESISTENCIA A LA COMPRESION		RETENDACION	PATRON DE FRACTURA	DISEÑO (N°/F)
				CM	INCH			KG/CM ³	KG/INCH ³	MPa	PSI			
1	#5 C - 5% (3000 PSI)	2021-12-16	2022-01-13	28	152,7	308,0	13,068	18313	389,18	21,25	3082,2	TAPAS NO ADHERIDAS (NEOPRENO)	5	2316,8
1	#6 C - 5% (3000 PSI)	2021-12-16	2022-01-13	28	154,0	305,0	13,168	18627	449,44	24,13	3499,6	TAPAS NO ADHERIDAS (NEOPRENO)	5	2317,9
TOTAL CILINDROS													2	

Nota: Los resultados que están sombreados son los que conforman este informe.
Los datos de estimación de la incertidumbre serán suministrado siempre y cuando el cliente los solicite.
Toda información de resultados enviada en este informe son responsabilidad de VVO INGENIERIA SAS
VVO INGENIERIA S.A.S. estude los resultados de este informe acorde a las características de las muestras recibidas.



OBSERVACIONES:



IMPORTANTE:

- * Los informes de los ensayos de laboratorio sin la firma original del Director Técnico del Laboratorio, no tienen validez.
- * Este informe expresa fielmente los resultados obtenidos y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron los ensayos.
- * Este resultado, está relacionado solamente con el item sometido a ensayo.
- * Los factores de conversión son tomados de la Norma Técnica Colombiana NTC 5503


YEMAR BARROS BOTELO
DIRECTOR TÉCNICO

 	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO NORMA DE ENSAYO – INV. E-410-13	VERSIÓN 12 CODIGO SGC-F-63 2021-03-13
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	PAGINA 1 de 1

DATOS DEL REMITENTE:		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	
FECHA DE EXPEDICIÓN: 2022 ENERO 21		CÓDIGO: RC.RE.AP.111-01-22	
SOLICITANTE: JOSE ADARRAGA - LUZ MORENO		LOCALIZACIÓN OBRA: MUNICIPIO VALLEDUPAR, CESAR	
DIRECCIÓN: MUNICIPIO VALLEDUPAR, CESAR			
CORREO ELECTRÓNICO: luzmoreno99.12@gmail.com			
TELÉFONO: 302 458 2788		EQUIPO: PC-42 SERIE 340	CODIGO INTERNO: P-COM-02
		HERRAMIENTAS: PIE DE REY (PR-01): (X) CALIBRADORES (GA-01): (X) ESCUADRA (ES-01): (X) NEOPRENOS: (X) TERMOMIGROMETRO (TH-01): (X) BALANZA (BAL-D-17):(X)	
OBRA: PROYECTO DE GRADO		CONDICIONES AMBIENTALES: TEMPERATURA* 28,3	HUMEDAD(%) 58 CURADO: 21
		FECHA DISPONIBLE AL CLIENTE: 2022 ENERO 21	
		FECHA RECEPCIÓN MUESTRA: 2021 DICIEMBRE 22	
		LABORATORISTA: YEMAR BARRIOS SOTELO	

AVANCE N°11														
MUESTRA N°	ELEMENTO	FECHA DE FUNDICIÓN	FECHA DE FECTURA	PESO		ALTIMETRO	PESO	ÁREA TRANSV.	CORTE AREA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		RETENDACION	NÚMERO DE MUESTRA	DENSIDAD (kg/m ³)
				(Kg)	(Kg)					(MPa)	(MPa)			
1	#5 C - 10% (3000 PSI)	2021-12-22	2022-01-19	28	152,0	300,0	13,204	18146	385,71	21,26	3082,9	TAPAS NO ADHERIDAS (NEOPRENO)	3	2425,5
1	#6 C - 10% (3000 PSI)	2021-12-22	2022-01-19	28	154,0	305,0	13,168	18627	396,36	21,28	3086,3	TAPAS NO ADHERIDAS (NEOPRENO)	4	2317,9
TOTAL CILINDROS														2

Nota: Los resultados que están sombreados son los que conforman este informe.
Los datos de estimación de la incertidumbre serán suministrado siempre y cuando el cliente los solicite.
Toda información de resultados enviada en este informe son responsabilidad de VVO INGENIERIA SAS
VVO INGENIERIA S.A.S expide los resultados de este informe acorde a las características de las muestras recibidas.



OBSERVACIONES:



IMPORTANTE:

- * Los informes de los análisis de laboratorio en la firma original del Director Técnico del Laboratorio, no tienen validez.
- * Este informe solo es firmado los resultados obtenidos y se reflejan el momento y condiciones en que se realizaron los ensayos.
- * Este resultado, esta relacionado solamente con el ítem sometido a ensayo.
- * Los factores de conversión son tomados de la Norma Técnica Colombiana NTC 3060


YEMAR BARRIOS SOTELO
 DIRECTOR TÉCNICO

 <p>ACREDITADO ONAC SISTEMAS DE MANEJO DE CALIDAD PARA ORGANISMOS ISO/IEC 17025:2017 19.LAB-004</p>	 <p>VVO INGENIERÍA S.A.S</p>	<p>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO</p> <p>NORMA DE ENSAYO – INV. E-410-13</p>	<p>VERSIÓN 12</p> <p>CODIGO SIC-F.68</p> <p>2021-03-18</p>
		<p>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS</p>	<p>PAGINA 1 de 1</p>

DATOS DEL REMITENTE:		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	
FECHA DE EMISIÓN: 2022 ENERO 28		CÓDIGO: RC.RE.AP.122-01-22	
SOLICITANTE: JOSE ADARRAGA - LUZ MORENO		LOCALIZACIÓN OBRA: MUNICIPIO VALLEDUPAR, CESAR	
DIRECCIÓN: MUNICIPIO VALLEDUPAR, CESAR			
CORREO ELECTRÓNICO: luzmoreno9.12@gmail.com			
TÉLEFONO: 302 438 2768		EQUIPO: PC-42 SERIE 340	CODIGO INTERNO: P-COM-02
		HERRAMIENTAS: PE DE REY (PR-01): (X) CALIBRADORES (GA-01): (X) ESCUADRA (ES-01): (X) NEOPRENOS: (X) TERMOMETRO (TH-01): (X) BALANZA (BAL-D-17): (X)	
OBRA: PROYECTO DE GRADO		CONDICIONES AMBIENTALES: TEMPERATURA(°C) 28,9 HUMEDAD(%) 59 CURADO: 51	
		FECHA DISPONIBLE AL CLIENTE: 2022 ENERO 28	
		FECHA RECEPCIÓN MUESTRA: 2021 DICIEMBRE 28	
		LABORATORISTA: YEMAR BARRIOS SOTELO	

AVANCE N°12														REFRENDACION		NÚMERO DE MUESTRA		OPCIÓN	
MUESTRA N°	CEMENTO	FECHA DE FUNDIDA	FECHA DE CURADO	EDAD (DÍAS)	DIÁMETRO (mm)	ALZURA (mm)	PESO (kg)	ÁREA TRANSV. (cm²)	CARGA PUNTA (kgf)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (MPa)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (MPa)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (MPa)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (MPa)	TAPAS NO ADHERIDAS (NEOPRENO)	NÚMERO DE MUESTRA	OPCIÓN	OPCIÓN		
1	HS C - 15N (3000 PSI)	2021-12-29	2022-01-26	28	153,3	306,0	12,931	18458	377,35	20,44	2965,2			TAPAS NO ADHERIDAS (NEOPRENO)	2	2389,5			
1	HS C - 15N (3000 PSI)	2021-12-29	2022-01-26	28	151,3	310,0	12,968	17979	382,41	21,27	3084,9			TAPAS NO ADHERIDAS (NEOPRENO)	4	2526,7			
TOTAL CILINDROS																2			

Nota: Los resultados que están sombreados son los que conforman este informe.
Los datos de estimación de la incertidumbre serán suministrado siempre y cuando el cliente los solicite.
Toda información de resultados enviada en este informe son responsabilidad de VVO INGENIERÍA SAS
VVO INGENIERÍA S.A.S expide los resultados de este informe acorde a las características de las muestras recibidas.

OBSERVACIONES:



IMPORTANTE:

- * Los informes de los ensayos de laboratorio en la firma original del Director Técnico del Laboratorio, no tienen validez.
- * Este informe expresa fielmente los resultados obtenidos y no refleja el momento y condiciones en que se realizaron los ensayos.
- * Este resultado está relacionado solamente con el ítem sometido a ensayo.
- * Los factores de conversión son tomados de la Norma Técnica Colombiana NTC 3609.


YEMAR BARRIOS SOTELO
DIRECTOR TÉCNICO