UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN

DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

TEMA

DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO AGREGADO ORGÁNICO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BLOQUES PARA MAMPOSTERÍA LIVIANA

AUTOR

NARVÁEZ GUEVARA JAIRO ALBERTO

TUTOR

ING. MG. CARLOS NAVARRO

AMBATO – ECUADOR

2017

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. Mg. Carlos Navarro, en calidad de docente tutor, certifico que la presente tesis de grado con el tema "DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO AGREGADO ORGÁNICO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BLOQUES PARA MAMPOSTERÍA LIVIANA" realizado por el Sr. Jairo Alberto Narváez Guevara, Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, se desarrolló bajo mi supervisión y tutoría, siendo un trabajo elaborado de manera personal. Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Ambato, abril de 2017

_____

Ing. Mg. Carlos Navarro

DOCENTE TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO

Yo, Jairo Alberto Narváez Guevara, CI. 160048628-4 Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, Carrera de Ingeniería Civil, tengo a bien indicar que: los criterios emitidos en el trabajo de graduación "DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO AGREGADO ORGÁNICO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BLOQUES PARA MAMPOSTERÍA LIVIANA" como también los contenidos presentados son de mi completa autoría.

Ambato, abril de 2017

_____

Jairo Alberto Narváez Guevara

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de éste trabajo experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución. Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi trabajo experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de éste trabajo experimental dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando ésta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, abril de 2017

_____

Jairo Alberto Narváez Guevara

AUTOR

APROBACIÓN PROFESORES CALIFICADORES

Los suscritos Profesores Calificadores, una vez revisado, aprueban el informe de Investigación, sobre el tema: "DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO AGREGADO ORGÁNICO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BLOQUES PARA MAMPOSTERÍA LIVIANA", del Sr. Jairo Alberto Narváez Guevara, Egresado de la carrera de Ingeniería Civil, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por el Centro de Estudios de Pregrado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, abril de 2017

Para constancia firman.

Ing. Mg. Javier Culki F.	Ing. Mg. Lenin Maldonado
PROFESOR CALIFICADOR	**PROFESOR CALIFICADOR**

DEDICATORIA

A quienes entienden que el conocimiento engendra temor; temor al infinito del cosmos, a nuestro lugar en el universo, a la muerte, a las cosas que no podemos explicar; y es ese mismo conocimiento el que nos da el poder de vencer esos miedos.

Jaíro

AGRADECIEMINTO

A la **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**, de manera especial a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, por brindarme los conocimientos necesarios, que requiere esta hermosa profesión.

Al ingeniero **CARLOS NAVARRO**, tutor de mi trabajo experimental, quien con paciencia supo solucionar las inquietudes generadas en la ejecución del proyecto.

A mi madre, que me enseñó a ser feliz a pesar de todo.

Y a ti, que estuviste ahí y no me dejaste abandonar un sueño que a ratos parecía desvanecerse. De todo corazón, gracias.

Jairo

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR II
AUTORÍA DEL TRABAJO III
DERECHOS DE AUTOR IV
APROBACIÓN PROFESORES CALIFICADORES V
DEDICATORIA 1
AGRADECIEMINTO 2
ÍNDICE GENERAL 3
ÍNDICE DE TABLAS 5
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES 7
ÍNDICE DE GRÁFICOS 7
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS 8
RESUMEN EJECUTIVO 10
ABSTRACT 11
CAPÍTULO I
TEMA 12
1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL 12
1.2 ANTECEDENTES 12
1.3 JUSTIFICACIÓN 13
1.4 OBJETIVOS 15
1.4.1 Objetivo General 15
1.4.2 Objetivos Específicos 15
CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN 16
2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 16
2.1.1 Antecedentes Investigativos 16
2.1.2 Definiciones 17
a. Hormigón 17
b. Componentes del hormigón 18
c. Calidad del Hormigón 37
d. Propiedades Mecánicas del Hormigón 38
e. Bloques 39
2.2 HIPÓTESIS 45

2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS 45
2.3.1 Variable independiente 45
2.3.2 Variable dependiente 45
CAPÍTULO III
METODOLOGÍA 46
3.1 Nivel o tipo de investigación 46
3.2 Población y muestra 46
3.3 Enfoque 47
3.4 Operacionalización de variables 48
3.4.1 Variable Independiente 48
3.4.2 Variable Dependiente 49
3.5 Plan de recolección de información 50
3.5.1 Preguntas Básicas 50
3.5.2 Técnicas e Instrumentos 51
3.6 Plan Procesamiento y análisis 51
3.6.1 Plan de Procesamiento de la Información 51
3.6.2 Plan de Análisis e Interpretación de resultados 51
CAPÍTULO IV
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS 52
4.1 Recolección de Datos 52
4.1.1 Ensayos realizados en los agregados 52
4.1.2 Dosificación del hormigón usando el método de la Universidad Central del Ecuador (Densidad Óptima) 53
4.1.3 Proceso de Fabricación 55
a. Dosificación 58
b. Mezclado 59
c. Moldeado 60
d. Fraguado 61
e. Curado 62
f. Secado y Almacenamiento 62
g. Factores que influyen en la calidad de los bloques de hormigón 62
4.1.4 Dosificación utilizada para la elaboración de bloques con bagazo de caña de azúcar 63
4.1.5 Tratamiento del bagazo de caña 64
4.2 Análisis de los resultados 69
4.2.1 Propiedades del hormigón fresco 70

4.2.1.1 Trabajabilidad 70
4.2.1.2 Homogeneidad 71
4.2.1.3 Consistencia 71
4.2.2 Propiedades de los bloques endurecidos 72
4.2.2.1 Absorción de agua 72
4.2.2.2 Peso del elemento 73
4.2.2.3 Resistencia a la Compresión 74
4.3 Verificación de hipótesis 82
CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 84
5.1 Conclusiones 84
5.2 Recomendaciones 87
1. Bibliografía 90
2. Anexos 93
2.1 Análisis de contenido de azúcares antes del tratamiento 93
2.2 Análisis de contenido de azúcares después del tratamiento 96
2.3 Ensayos realizados a los agregados 100
2.4 Ensayos realizados al hormigón fresco 104
2.5 Ensayos realizados a los bloques endurecidos 106
2.4 Análisis de Precios Unitarios 113
2.5 Registro fotográfico de la elaboración de bloques con fibras de bagazo de caña de azúcar. 115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación del Cemento 18
Tabla 2. Componentes del Cemento Portland 19
Tabla 3. Tipos de cemento Portland 20
Tabla 4. Clasificación de los agregados según su densidad. 24
Tabla 5. Límites de porcentaje que pasa el agregado fino 27
Tabla 6. Porcentajes de agregado que pasa los tamices de la serie 28
Tabla 7. Dimensiones de bloques huecos de hormigón 42
Tabla 8. Requisitos de resistencia la compresión para bloques huecos de hormigón. 43
Tabla 9. Operacionalización de la variable independiente 48

Tabla 10. Operacionalización de la variable dependiente..... 49
Tabla 11. Plan de Recolección de la Información..... 50
Tabla 12. Técnicas e Instrumentos de recolección de información 51
Tabla 13. Resumen de resultado de ensayos de agregados..... 52
Tabla 14. Cantidad de pasta en base al asentamiento esperado de la mezcla 54
Tabla 15. Resistencia a la compresión del hormigón según la relación w/c..... 54
Tabla 16. Dosificaciones típicas de fábricas de bloques..... 59
Tabla 17. Dosificación calculada para bloques..... 64
Tabla 18. Dosificación para bloques ajustada..... 64
Tabla 19. Contenido de fibra y azúcar en el bagazo de caña 65
Tabla 20. Contenido de azúcar en el bagazo tratado..... 66
Tabla 21. Cantidad de bloques preparados 68
Tabla 22. Dosificación para bloques adicionales..... 69
Tabla 23. Trabajabilidad del hormigón según el contenido de fibra..... 70
Tabla 24. Homogeneidad del hormigón según el contenido de fibra 71
Tabla 25. Consistencia del hormigón según el contenido de fibra 72
Tabla 26. Porcentaje de absorción de los bloques según el contenido de fibra 73
Tabla 27. Porcentaje de absorción de los bloques comercializados en Puyo..... 73
Tabla 28. Peso de los bloques según el contenido de fibra..... 74
Tabla 29. Resumen de resultados en los ensayos de resistencia a la compresión de los bloques con bagazo de caña, para 7, 14 y 28 días. 75
Tabla 30. Resumen de resultados de los ensayos realizados a muestras de referencia. Resistencia a la compresión a los 28 días de edad..... 75
Tabla 31. Densidad suelta de agregados fino, liviano y grueso. 100
Tabla 32. Densidad compactada de agregados fino, liviano y grueso. 100
Tabla 33. Porcentaje óptimo de mezcla de agregados para hormigón (Arena y ripio)..... 101
Tabla 34. Densidad Real del Cemento..... 102
Tabla 35. Dosificación del hormigón para bloques de alivianamiento..... 103
Tabla 36. Determinación de las propiedades del hormigón fresco y de los bloques endurecidos con fibra de bagazo de 1” de longitud 104
Tabla 37. Determinación de las propiedades del hormigón fresco y de los bloques endurecidos con fibra de bagazo de 2” de longitud 105

Tabla 38. Resistencia a la compresión de bloques adicionados con fibra de bagazo de caña de 1" de longitud a los 7 días de edad. 106
Tabla 39. Resistencia a la compresión de bloques adicionados con fibra de bagazo de caña de 2" de longitud a los 7 días de edad. 107
Tabla 40. Resistencia a la compresión de bloques adicionados con fibra de bagazo de caña de 1" de longitud a los 14 días de edad. 108
Tabla 41. Resistencia a la compresión de bloques adicionados con fibra de bagazo de caña de 2" de longitud a los 14 días de edad. 109
Tabla 42. Resistencia a la compresión de bloques adicionados con fibra de bagazo de caña de 1" de longitud a los 28 días de edad. 110
Tabla 43. Resistencia a la compresión de bloques adicionados con fibra de bagazo de caña de 2" de longitud a los 28 días de edad. 111
Tabla 44. Resistencia a la compresión de bloques tradicionales y dosificaciones adicionales a los 28 días de edad..... 112
Tabla 45. Análisis de precios unitarios para bloque de control. 113
Tabla 46. Análisis de precios unitarios para bloque con 0.5% de bagazo. 114

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.Bloques de hormigón de baja densidad y sus medidas. 41
Ilustración 2. Esquema del proceso de fabricación de bloques..... 57

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Resistencia a la compresión de bloques. Edad 7 días. 76
Gráfico 2. Resistencia a la compresión de bloques. Edad 28 días. 77
Gráfico 3. Edad de los bloques vs. % de resistencia a la compresión. Fibras de 1” de longitud..... 78
Gráfico 4. Edad de los bloques vs. % de resistencia a la compresión. Fibras de 2” de longitud..... 79

Gráfico 5. Variación de la Resistencia a la compresión de bloques en función del contenido de fibra 80
Gráfico 6. Resistencia a la compresión de bloques de control, bloques con bagazo de caña adicionado, dosis adicionales y bloques tradicionales. 81
Gráfico 7. Curva típica de Carga vs. Tiempo para compresión de bloques. 128

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Agregados utilizados en las bloqueras artesanales..... 58
Fotografía 2. Mezcladora mecánica de paletas..... 60
Fotografía 3. Mesa vibratoria y moldes para bloques huecos..... 60
Fotografía 4. Bloques desmoldados en proceso de fraguado..... 61
Fotografía 5. Bagazo sometido a flujo continuo de agua. 66
Fotografía 6. Bagazo tratado con cal viva. 67
Fotografía 7. Bagazo de caña picado (Tamaño 1”). 68
Fotografía 8. Recolección del bagazo de caña..... 115
Fotografía 9. Bagazo en lonas para tratamiento de flujo continuo de agua. 115
Fotografía 10. Tratamiento de flujo continuo de agua..... 116
Fotografía 11. Bagazo después del tratamiento de flujo continuo de agua 116
Fotografía 12. Picadora de bagazo propiedad del Ing. Julio Salazar. 117
Fotografía 13. Criba para diferentes tamaños de fibra..... 117
Fotografía 14. Fibras de bagazo picado. 118
Fotografía 15. Bagazo después del tratamiento con cal..... 118
Fotografía 16. Agregado fino comúnmente utilizado en fábricas de bloques artesanales. 119
Fotografía 17. Agregado fino utilizado en la fabricación de los bloques con bagazo. 119
Fotografía 18. Adición de agregados en mezcladora de tambor..... 120
Fotografía 19. Mezcla estándar para fabricación de bloques..... 120
Fotografía 20. Adición de fibras en la mezcla. 121
Fotografía 21. Mezclado y colocación en moldes. 121

Fotografía 22. Vibración y desmoldado de bloques. 122
Fotografía 23. Bloques terminados. 122
Fotografía 24. Identificación de muestras y proceso de fraguado. 123
Fotografía 25. Proceso de curado de las muestras 123
Fotografía 26. Preparación de bloques para ensayo. 124
Fotografía 27. Primer grupo de bloques para ensayo. Edad 7 días. 124
Fotografía 28. Ensayo de muestras. Edad 28 días. 125
Fotografía 29. Bloque listo para ser ensayado 125
Fotografía 30. Bloque ensayado. 125
Fotografía 31. Fibras presentes en bloques. 126
Fotografía 32. Falla por adherencia. 127
Fotografía 33. Fibras presentes en bloques. Longitud de fibra 2". 127
Fotografía 34. Ensayo de bloque "caramelo" 127

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO AGREGADO ORGÁNICO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BLOQUES PARA MAMPOSTERÍA LIVIANA.

Autor: Jairo A. Narváez Guevara **Tutor:** Ing. Mg. Carlos Navarro

RESUMEN EJECUTIVO

El propósito de usar fibras de bagazo de caña como agregado orgánico en la elaboración de mampostería liviana, responde a la necesidad de fomentar el uso de materiales alternativos, además de mejorar las características físicas y mecánicas de los bloques tradicionales.

Para este trabajo experimental se preparó una mezcla de fibras de bagazo y una dosificación elaborada para bloques de mampostería liviana que cumplan con los requisitos establecidos en las normas INEN 316 [1], 639 [2] y 643 [3]: Bloques Tipo E de dimensiones nominales 40cm x 20cm x 15cm. Las fibras fueron tratadas mediante flujo de agua continuo para la eliminación de los azúcares propios de la caña, luego fueron cortadas para obtener longitudes de fibra de 1” y 2”, las cuales se distribuyeron dentro de la mezcla de forma homogénea en porcentajes entre 0.5% y 2.0% en función del peso del cemento.

Respecto a las propiedades del hormigón fresco con fibras añadidas, se observaron variaciones relativamente bajas en relación a las presentadas por el hormigón utilizado para las muestras de control. Tanto trabajabilidad, como consistencia, se vieron afectadas notablemente con la adición de los porcentajes máximos de fibras, especialmente en aquellos con fibras de mayor longitud.

Se encontró una clara disminución de peso conforme se aumentaba el porcentaje de bagazo en los bloques. La capacidad de absorción de agua sufrió un claro aumento en relación a la adición de las fibras.

Los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión mostraron que las fibras de bagazo de 1” en concentraciones del 0,5% al 0,75% son adecuadas para el uso como agregado orgánico para bloques alivianados.

DETERMINATION OF THE INFLUENCE OF THE SUGAR CANE BAGGAGE AS ORGANIC AGGREGATE IN THE COMPRESSIVE STRENGTH OF BLOCKS FOR LIGHTWEIGTH MANSORY.

Author: Jairo A. Narváez Guevara **Tutor:** Ing. Mg. Carlos Navarro

ABSTRACT

The purpose of using cane bagasse fibers as an organic aggregate in the manufacture of light masonry, responds to the need toencourage the use of alternative materials, as well as improving the physical and mechanical characteristics of traditional blocks.

For this experimental work, a blend of bagasse fibers and an elaborate dosage for light masonry blocks were prepared that meet the requirements established in 316 [1], 639 [2] and 643 [3]: Type E Blocks Nominal dimensions 40cm x 20cm x 15cm. The fibers were treated by continuous water flow for the removal of the cane's sugars, then they were cut to obtain fibers with 1 "and 2" length, which were homogeneously distributed within the blend in percentages between 0.5 % and 2.0% depending on the weight of the cement.

Regarding the properties of fresh concrete with added fibers, relatively low variations were observed in relation to those presented by the concrete used for the control samples. Both workability and consistency were significantly affected by the addition of maximum fiber percentages, especially in those with longer fibers.

A clear decrease in weight was found as the percentage of bagasse in the blocks increased. The water absorption capacity showed a clear increase in relation to the addition of the fibers.

The results of the compressive strength tests showed that the 1 "bagasse fibers in concentrations of 0.5% to 0.75% are suitable for use as an organic aggregate for lightened blocks.

CAPÍTULO I

TEMA

1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO AGREGADO ORGÁNICO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BLOQUES PARA MAMPOSTERÍA LIVIANA.

1.2 ANTECEDENTES

Desde la antigüedad, el uso de fibras para reforzar materiales en la construcción ha sido común. Por ejemplo, la paja se usaba como refuerzo en la fabricación de adobe de arcilla para contrarrestar la tensión por el secado y reducir el agrietamiento. Hace poco menos de 50 años, el asbesto comenzó a ser utilizado en muchos países. La industria de la construcción usó a gran escala las fibras minerales de asbesto en una matriz de cemento [4]. Sin embargo, debido a que se detectaron algunos efectos adversos al ser humanos, como la asbestosis, al fabricar productos de asbesto-cemento, su aplicación disminuyó considerablemente. Debido a esto se buscó entonces sustituir el asbesto por fibras de otros materiales las cuales resultaron ser una alternativa viable [5].

En la actualidad, los materiales compuestos a base de matrices de cerámicos, plásticos y cemento incorporan fibras para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas tales como la resistencia a la tensión, a la comprensión, al agrietamiento, al impacto, a la abrasión y la tenacidad [6]. Existen en la industria varios tipos de fibras que se comercializan mundialmente; los tipos básicos son las de acero, vidrio y las derivadas de hidrocarburos (plásticas). Otro grupo de fibras estudiadas para su posible aplicación, son las fibras naturales de origen vegetal. Su principal ventaja es la amplia disponibilidad sobre todo en los países pobres y en desarrollo [5].

1.3 JUSTIFICACIÓN

En las últimas décadas se ha incrementado el interés y la investigación dirigida al uso y comportamiento de nuevos materiales que ayuden a resolver problemas que presentan los hormigones en el campo de la construcción. Gracias a los avances en técnicas constructivas y en el tratamiento de materiales, además de varias investigaciones, han surgido materiales que se consideran aptos como agregados orgánicos para el hormigón y el mejoramiento de las propiedades mecánicas del mismo.

En varios países de América el uso que se le da a este residuo sólido orgánico (RSO) es en su mayoría complemento para alimentación de ganado y para la producción de biogás (México), pulpa para la elaboración de papel ecológico (Colombia, Argentina), combustible para central termoeléctrica (Brasil, Bolivia) principalmente. [7]

En Sudamérica, son varios los países que han realizado investigaciones en el campo del hormigón fibroreforzado, tal es el caso de Colombia, donde se encontró que probetas de hormigón con adición de porcentajes entre 0.5% y 2.0% de bagazo de caña de azúcar presentaron resistencias a la compresión similares o mayores que las probetas de control. [8]

En Ecuador, los principales usos del bagazo de caña han sido, desde hace décadas, como combustible para trapiches y paneleras (Pastaza), extractores de aceite de palma africana (Esmeraldas), fabricación de tableros aglomerados para la construcción (Loja) y complemento alimenticio conjuntamente con urea. [9]

En Ecuador se producen bloques de hormigón para usos en mampostería de diferentes tipos, siendo estos clasificados de forma general en bloques livianos, bloques de peso medio y bloques pesados, tomando en cuenta el peso unitario de los agregados que los componen, los cuales generan diferentes propiedades físicas y mecánicas distintas.

Actualmente no existe una fábrica de bloques para mampostería en la ciudad de Puyo, ni en la provincia de Pastaza, debiéndose principalmente a la insuficiencia de agregados livianos para la fabricación de bloques para mampostería liviana, es decir, piedra pómez o cascajo. Esto hace que todos los bloques existentes en el mercado de la provincia, provengan de fabricantes externos cuyas instalaciones se encuentran en las ciudades de Baños, Pelileo, Ambato y Riobamba, entre otras; ocasionando un costo adicional en estos materiales debido al transporte de los mismos.

Entre las características que hacen del cascajo (piedra pómez) un material apropiado para la construcción es su resistencia al calor, al moho, además de poseer propiedades termoacústicas aislantes.

La mampostería está formada por dos materiales con propiedades y comportamientos diferentes (bloques y mortero) que, al ser sometidas a la acción de cargas sobre ellos, se deforman en forma diferente provocando esfuerzos adicionales en la zona de interacción entre estos materiales.

Los bloques de mampostería liviana no cumplen una función estructural dentro de las edificaciones, ya que su uso es simplemente el de reducir o alivianar las cargas muertas en losas nervadas; sin embargo, el peso unitario de estos es de aproximadamente 8kg, aportando en conjunto una carga significativa a la estructura y, como consecuencia, un aumento en secciones y refuerzos. Como una alternativa en el uso de materiales ligeros, se presenta la posibilidad de trabajar con el bagazo de caña, un material liviano y de abundancia en la Provincia de Pastaza, como sustituto parcial del cascajo para la fabricación de estos bloques.

Según Sera (1990), las características morfológicas y las propiedades físico-mecánicas del bagazo de caña de azúcar, lo catalogan como un material adecuado para ser usado como Fibrorefuerzo.[10]

La presente investigación se la realizará con el fin de conocer la influencia de la adición de bagazo de caña de azúcar en las propiedades mecánicas del hormigón y

de los bloques para mampostería liviana, principalmente en la resistencia a la compresión, y la posibilidad de su implementación como una alternativa al agregado liviano en la elaboración de los mismo en la provincia de Pastaza.

La información que se obtenga como resultado de esta investigación será de utilidad para constructores, propietarios, instituciones públicas y privadas, quienes podrán poseer una alternativa a los tradicionales bloques de mampostería alivianada.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Determinar la influencia en la resistencia a la compresión del uso del bagazo de caña de azúcar como agregado orgánico en la elaboración de bloques para mampostería liviana.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Analizar el comportamiento de los bloques de mampostería con fibras de bagazo de caña de azúcar como agregado orgánico.
- Comparar la resistencia a la compresión de los bloques de mampostería liviana tradicional y los bloques de mampostería alivianada con la incorporación de diferentes porcentajes de bagazo de caña de azúcar como agregado orgánico.
- Establecer la influencia del tamaño de las fibras de bagazo de caña en la resistencia a la compresión de los bloques de mampostería liviana.
- Establecer el porcentaje adecuado para el uso del bagazo de caña de azúcar como agregado orgánico en la elaboración de bloques para mampostería liviana.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.1 Antecedentes Investigativos

Jairo Osorio (2007) et al. encontraron que la adición de fibras de bagazo de caña en la fabricación de hormigón, aporta importantes variaciones en las propiedades mecánicas del mismo, especialmente en el peso de este. Además, determinaron las relaciones entre la aplicación de un tratamiento previo a las fibras a fin de evitar su deterioro por las reacciones químicas propias del proceso de fraguado del hormigón. [11]

Libo Yan (2014) estudió el comportamiento de bloques auto confinantes con la adición de fibras de coco en la construcción de estructuras de concreto sustentables, encontrando que las fibras naturales tienen potencial para ser usadas como refuerzo del concreto. Se encontró además un incremento en la resistencia a la flexión, así como también en el coeficiente de amortiguamiento, considerando los bloques auto confinantes como disipadores de energía en casos de movimientos del terreno. [12]

Ketty Bilba (2003) determinó la influencia de los componentes botánicos del bagazo de caña de azúcar en el tiempo de fraguado de la mezcla bagazo-cemento, encontrando un considerable aumento en el tiempo de fraguado y un descenso en la temperatura máxima de hidratación. Considera además que la producción en masa de este tipo de compuesto puede llegar a ser económicamente factible en grandes cantidades. [8]

Se considera indispensable que los ingenieros civiles realicen investigaciones en el campo de los materiales, orientadas a mejorar las características del hormigón, así como a la optimización en el uso de recursos y la influencia de estos en las

propiedades físicas y mecánicas, para que en un futuro se desarrollen nuevas técnicas de construcción sostenible y con un mejor desempeño estructural.

La investigación desarrollada en este proyecto, está encaminada al desarrollo de un hormigón con contenido de fibras de bagazo de caña que pueda ser utilizado en la fabricación de bloques para mampostería liviana, constituyéndose en el punto de partida para futuras investigaciones con otros materiales naturales.

Este documento se respalda en las normas de las siguientes instituciones: INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización – Norma Técnica Ecuatoriana), IECyC (Instituto Ecuatoriano del Cemento y el Concreto), ASTM (American Society for Testing and Materials), Código del Instituto Americano del Concreto (American Concrete Institute - A.C.I.).

2.1.2 Definiciones

a. Hormigón

El hormigón es una piedra artificial de uso extendido a nivel mundial y comúnmente utilizada en la construcción, elaborada al mezclar apropiadamente cuatro elementos básicos: cemento, agregados pétreos finos y gruesos (arena y grava, respectivamente) y agua. Las propiedades mecánicas del hormigón dependen en gran medida de la calidad y proporciones de los componentes de la mezcla y de las condiciones de humedad y temperatura durante los procesos de fabricación y de fraguado.

Para conseguir propiedades especiales del hormigón, tanto fresco como endurecido (mejor trabajabilidad, mayor resistencia, menor densidad, entre otras), se pueden añadir otros componentes como aditivos químicos (microsílice, limallas de hierro) o se pueden reemplazar sus componentes básicos por componentes con características especiales como agregados livianos, agregados pesados, cementos de fraguado lento, llegando incluso a utilizarse agregados orgánicos, ya sea en estado natural, o tratados mediante procesos para eliminar posibles componentes dañinos para el hormigón. [13]

Al igual que las piedras en estado natural, el hormigón presenta una alta resistencia a la compresión, pero es frágil y posee poca resistencia a la tracción (aproximadamente 10% de la resistencia a compresión). Para aprovechar sus fortalezas y superar sus limitaciones, en estructuras se utiliza el hormigón combinado con barras de acero resistente a la tracción, lo que se conoce como hormigón armado. Bajo el mismo principio, existen fibras que pueden ser utilizadas para mejorar las características del hormigón fresco y endurecido. Estas fibras cubren una amplia gama de componentes y van desde elementos naturales (cascarilla de arroz, yute, coco, bagazo de caña de azúcar, plátano, bambú) hasta elementos artificialmente elaborados (nylon, fibras de acero, caucho, aramida, carbono, polyester, entre otras) [11]

b. Componentes del hormigón

a. Cemento

Es aquel producto aglomerante que, al ser mezclado con agua y expuesto al aire o al agua, tiende a iniciar el proceso químico de fraguado y posterior endurecimiento.

Existen distintos tipos de hormigón dependiendo del criterio que se usa para su clasificación como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación del Cemento

CRITERIO	CLASIFICACIÓN
Tiempo de Fraguado	Lentos (> 1 hora) y Rápidos (< 1 hora)
Composición química	Naturales, Portland, Puzolánicos, etc.
Aplicación	Alta resistencia Inicial, Resistente a sulfatos

Fuente: *Jairo Narváez G.*

Cemento Portland

El cemento Portland, es un compuesto de alumino silicatos que fue patentado en 1824 por J. Aspdin y que lleva el nombre de la localidad de Inglaterra de la que proceden las rocas con las que guarda similitud. Este material se obtiene por el calentamiento incipiente de una mezcla de materiales molidos a un grado de finura

elevado, siendo estos generalmente caliza y arcilla. El material obtenido de este calentamiento se denomina “clinker” y al ser molido para su comercialización, se le añade yeso en proporción del 2% al 3% para evitar su fraguado instantáneo. [14]

Los compuestos del cemento se detallan en la Tabla 2:

Tabla 2. Componentes del Cemento Portland

NOMBRE	FÓRMULA	PORCENTAJE
Silicato dicálcico	Ca_2SiO_4	32%
Silicato Tricálcico	Ca_3SiO_5	40%
Aluminato tricálcico	$Ca_3Al_2O_6$	10%
Ferroaluminato tetracálcico	$Ca_4Al_2Fe_2O_{10}$	9%
Sulfato de Calcio	$CaSO_4$	2-3%

Fuente: *Universidad de Chicago. Ingeniería internacional. Volumen 9.* **[14]**

Fraguado del cemento

Es el proceso químico por el cual el cemento adquiere dureza pétrea (proceso irreversible). A diferencia de las cales grasas, el fraguado del cemento es hidráulico porque se produce al reaccionar con el agua que provoca el fenómeno de hidrólisis de algunos compuestos y posteriores hidrataciones y recombinaciones. El fraguado se produce en dos etapas:

- **Fraguado:** proceso que puede durar desde pocos minutos hasta 15 horas, en que la masa plástica adquiere rigidez.
- **Endurecimiento:** proceso en que la masa rígida aumenta su dureza y resistencia mecánica que demanda de 28 días a varios años.

Tipos de Cemento Portland

Los principales criterios de clasificación del cemento Portland se refieren a su composición y a las características constructivas que presentan dependiendo de las propiedades tanto en estado fresco, como en estado endurecido.

En el mercado ecuatoriano, el cemento Portland Tipo IP es el más común y el más utilizado en construcciones que no estarán expuestas a sulfatos en el ambiente, en el suelo o en el agua del subsuelo.

En la **Tabla *3***, se detalla la clasificación general del cemento Portland:

Tabla 3. Tipos de cemento Portland

TIPOS		DESCRIPCIÓN	NORMA	
			INEN	ASTM
PUROS	**I**	Uso común.	152	C 150
	II	Moderada resistencia a sulfatos. Moderado calor de hidratación.	152	C 150
	III	Elevada resistencia inicial.	152	C 150
	IV	Bajo calor de hidratación.	152	C 150
	V	Alta resistencia a la acción de sulfatos.	152	C 150
COMPUESTOS	**IS**	Portland con escoria de altos hornos.	490	C 595
	IP	Portland puzolánico.	490	C 595
	P	Portland puzolánico (Cuando no se requieren resistencias iniciales altas).	490	C 595
	I (PM)	Portland puzolánico modificado.	490	C 595
	I (SM)	Portland con escoria modificado.	490	C 595
	S	Cemento de escoria.	490	C 595
POR DESEMPEÑO	**GU**	Uso en construcción en general.	2 380	C 1157
	HE	Elevada resistencia inicial.	2 380	C 1157
	MS	Moderada resistencia a sulfatos.	2 380	C 1157
	HS	Alta resistencia a los sulfatos.	2 380	C 1157
	MH	Moderado calor de hidratación.	2 380	C 1157
	UH	Bajo calor de hidratación.	2 380	C 1157

Fuente: *Medina, S. Ensayo de Materiales II. UTA. Ambato* **[15]**

La norma NTE INEN 152 [16] establece 5 tipos de cemento Portland:

Tipo I: Cemento Portland ordinario, de uso general; tiene aplicaciones en hormigones normales que no estarán expuestos a sulfatos en el ambiente, en el suelo o en el agua. Se subdivide en:

Tipo IA: Igual al Tipo I y además posee un aditivo incorporador de aire.

Tipo IE: Mayor contenido de puzolana, menor calor de hidratación y menos cambios volumétricos por expansión y contracción. La puzolana se incorpora en el proceso de molido del Clinker (hasta un 20%)

Tipo IP: Porcentaje de puzolana del 20% aun 40% adicional para que, al reaccionar con la cal, produzca mayor resistencia.

En nuestro país es más común el uso de cemento portland Tipo IP e IE, debido a que la puzolana genera menor calor de hidratación y presentan mayor resistencia a las aguas con sulfatos y selinitosas. Además, el costo es menor debido a la disponibilidad de puzolana en el territorio.

Tipo II: Moderado calor de hidratación y resistencia a sulfatos, suele usarse en piscinas como cementos antibacteriales, y se clasifica a su vez en:

Tipo IIA: Igual al Tipo II y posee un aditivo incorporador de aire.

Tipo III: Mayor calor de hidratación y alta resistencia inicial, suele utilizarse en obras de hormigón que durante su construcción estarán en contacto con el agua. Se clasifica a su vez en:

Tipo IIIA: Igual al Tipo III y posee un aditivo incorporador de aire.

Tipo IV: Bajo calor de hidratación y son de fraguado lento. Suele utilizarse en obras que contienen grandes volúmenes de hormigón, como las presas; y que permiten controlar el calor emitido a lo largo del fraguado.

Tipo V: Alta resistencia a los sulfatos que pueden existir en los agregados del hormigón o en el ambiente.

Características físicas y mecánicas de cemento

- **Finura de molido**: éste parámetro influye en la velocidad de fraguado y se encuentra directamente ligado con el valor hidráulico del cemento. La finura del cemento puede ser medida por medio de tamices, el tamaño ideal

de sus partículas es que sean menor a 0.01 mm, caso contrario son considerados como granos gruesos y de difícil hidratación.

Peso específico real: dependiendo de las condiciones ambientales éste factor varía insignificantemente y tiene un valor aproximado de 3 g/cm^3.

- **Fraguado**: éste parámetro es considerado como la capacidad que posee la mezcla de cambiar de estado plástico a sólido. El fraguado tiene 2 etapas: inicial y final. El fraguado inicial es el tiempo que le toma a la mezcla añadida agua en perder consistencia y trabajabilidad, y ganar resistencia. El fraguado final es el tiempo que le toma a la mezcla endurecerse desde que el cemento se pone en contacto con el agua.

  Los factores que influyen en la duración del fraguado son:

  - Finura: el fraguado es más rápido cuando el cemento es más fino.
  - Agua: el fraguado es más rápido cuando la mezcla tiene menor cantidad de agua.
  - Áridos: cuando los agregados tienen materiales orgánicos el fraguado es lento.
  - Temperatura: a elevadas temperaturas el fraguado se retrasa y viceversa.

- **Resistencia mecánica**: depende directamente del tipo de agregado que se utilice, de la relación agua/cemento y de la compactación de la mezcla

b. Agregados o áridos

Los áridos son partículas inertes y son considerados como los componentes de relleno del hormigón, también son conocidos como agregados y pueden ser finos (arena) y gruesos (ripio), dependiendo de su tamaño y pueden ser naturales y artificiales.

En los hormigones estructurales, los áridos o agregados ocupan alrededor del 75% del volumen total del hormigón; el volumen restante está formado por la pasta endurecida de cemento, agua sin combinar y burbujas de aire. Cuanto mayor sea el nivel de compactación del hormigón, su resistencia a la compresión será mayor y su fabricación será más económica; por esta razón es importante cuidar la granulometría (tamaño de los granos y distribución estadística de esos tamaños de grano) de los agregados. También es importante que las propiedades mecánicas de los áridos sean adecuadas y que estos estén libres de impurezas. [13]

Los áridos naturales se clasifican en finos y gruesos. Los áridos finos o arenas pasan por el tamiz # 4. Los áridos gruesos no atraviesan el tamiz # 4 y se conocen como gravas (ripio o triturado, en nuestro medio).

Los áridos gruesos presentan mejores propiedades de adherencia con la pasta de cemento cuando son triturados, lo que les dota de aristas (los áridos con superficie redondeada tienen menor adherencia).

Clasificación de los agregados

- **Por su procedencia**

    - **Agregados naturales**: material que se aplica al hormigón tal como se encuentren, sin hacer ninguna modificación a su tamaño o simplemente separándolos por tamaños, éstos son provenientes de fuentes naturales como: ríos, glaciares o de canteras de rocas y piedras naturales. Dentro de este grupo se encuentran las rocas ígneas, rocas sedimentarias y rocas metamórficas.

    - **Agregados artificiales**: son aquellos materiales naturales que son modificados mediante procesos industriales. En este grupo se encuentran las arcillas expandidas, escorias de alto horno, clinker, limaduras de hierro, etc.

- **Piedra triturada**: Material obtenido de la trituración de materiales pétreos de conglomerados, rocas boleadas o pedruscos naturales. Se suele triturar con el fin de agregar más aristas que permitan una mejor adherencia con los demás componentes del hormigón.

- **Escoria siderúrgica**: Silicatos y alumino silicatos procedentes de residuos de materiales ferrosos, pero que no constituyen materiales metálicos como tal.

- **Por su densidad**: Propiedad que se define por la relación de la masa y el volumen que ocupa la misma, así como con el volumen de los poros en los agregados. Este parámetro influye directamente en la densidad del concreto, pudiendo ser ligero, normal o pesado como se describe en la Tabla 4:

Tabla 4. Clasificación de los agregados según su densidad.

Tipo de Hormigón	Densidad aproximada (kg/m^3)	Densidad del Agregado (kg/m^3)	Usos comunes	Tipo Agregado
Ultraligero	500 – 800		Aislamientos	Piedra pómez
Ligero	950 – 1350 1450 – 1950	480 – 1040	Rellenos y mampostería no estructural; y concreto estructural.	Perlita
Normal	2250 – 2450	1300 – 1600	Concreto estructural y concreto no estructural.	Agregado de río o triturado
Pesado	3000 – 5600	3400 – 7500	Concreto para proteger radiación gamma o X, y contrapesos.	Hematita, barita, coridón, magnetita

***Fuente**: Ing. Gerardo A. Rivera L.* [17]

- **Por su tamaño**

    - **Agregado grueso**. Material pétreo compuesto por gravas o agregados provenientes de trituración de tamaño mayor a 5mm y que por lo general está entre 9.5mm y 38mm, no deben poseer impurezas, químicos absorbidos, arcillas y otros materiales finos que afecten la adherencia de la matriz cementante; además, deben ser durables, resistentes y no tener carácter desmenuzable.

      Las características de este material influyen directamente en la calidad y resistencia del hormigón. También se lo conoce como "ripio", "grava" o "triturado", y es resultado de la desintegración y abrasión de la roca, realizado de forma natural o artificial.

      Las características y calidad de éste agregado se encuentran determinadas en la norma ASTM C-33 [18], misma que indica que al momento de la fabricación del hormigón el agregado debe estar libre de sustancias dañinas o no deben existir en un porcentaje mayor a:
        - 0.5% en el material que pasa por el tamiz N° 200.
        - 1% en los materiales ligeros.
        - 0.5% de grumos de arcilla.
        - 40% de pérdida por abrasión en el ensayo de la máquina de Los Ángeles.

    - **Agregado fino.** Pétreos con diámetros menores a 5mm y que, en la escala granulométrica, atraviesan el tamiz #4 y son retenidos en la malla del tamiz #200. Al igual que el agregado grueso, este material debe estar libre de materias extrañas o dañinas para el hormigón.

      Generalmente, las arenas provenientes de canteras, poseen alto contenido de arcillas y limos, así también, las arenas provenientes de playas poseen un alto contenido de componentes salinos. En estos casos, se recomienda realizar un lavado previo, antes de incluirlos en la mezcla del concreto. La arena más recomendable para la fabricación de

hormigones es la proveniente de ríos, la cual suele presentar altas concentraciones de cuarzo, el cual brinda resistencia y durabilidad al concreto.

La calidad del agregado fino se evalúa según la norma ASTM C-33 [19], en la que se recomienda que para la fabricación del hormigón, la arena deberá estar libre de arcilla, limo, materiales orgánicos u otras sustancias dañinas o estas no deben existir en un porcentaje mayor a:

- 3% en el material que pasa por el tamiz N° 200.
- 1% en los materiales ligeros.
- 1% en los grumos de arcilla.
- 2% en otras sustancias perjudiciales (álcalis, mica, limo).

Propiedades físicas de los agregados

Agregado fino

- **Módulo de finura (MF).** Parámetro que determina el grado de grosor o finura que presenta una muestra de agregado en base a lo establecido en la norma ASTM C-125 [20] y que se expresa mediante la suma de porcentajes acumulados en los tamices N° 100, N° 50, N° 30, N° 16, N° 8, N° 4, 3/8", ¾", 1½", 3" y 6", el cual se expresa en porcentaje.

  Se recomienda que el módulo de finura del agregado se encuentre entre 2.3 y 3.1, para garantizar una buena calidad de hormigón. Cuando este valor es menor que 2, se considera que el agregado es una arena fina; si el módulo de finura es mayor a 3, se considera una arena gruesa; y si el valor de este parámetro se acerca a 2.5, se considera una arena de finura media y de buena graduación.

- **Granulometría.** Método mecánico por el cual se separan las partículas de los agregados por tamaños mediante el uso de mallas. Para que la arena a utilizarse sea la adecuada debe cumplir los límites especificados en la norma ASTM C-33 [19], como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Límites de porcentaje que pasa el agregado fino

Tamaño de malla		Límites ASTM que pasa
N° tamiz	**Abertura (mm)**	**(%)**
⅜"	9.5	100
#4	4.76	95 – 100
#8	2.36	80 – 100
#16	1.18	50 – 85
#30	0.60	25 – 60
#50	0.30	10 – 30
#100	0.15	2 – 10
#200	0.074	-
Bandeja	-	-

Fuente: *ASTM C-33* [19]

- **Densidad Relativa o Gravedad Específica.** Valor resultante de dividir la masa del agregado y la masa de agua un volumen absoluto igual. Los áridos tienden a tener gravedades específicas entre 2.4 y 2.9. El procedimiento de ensayo para la obtención de este parámetro se detalla en la norma NTE INEN 856. [21]

- **Contenido de Humedad.** Expresa el porcentaje de humedad contenido en los poros existentes en los áridos, los cuales, al estar a la intemperie, suelen contener agua. El procedimiento de ensayo para la obtención de este parámetro se detalla en la norma NTE INEN 862. [22]

  Existen cuatro estados de humedad en los que se puede encontrar al agregado:

  - Seco al horno: Obtenido luego de ser secado en un horno de laboratorio durante 24 horas con una temperatura de 110ºC, tiempo en el que se logra eliminar toda la humedad externa existente en este. [15]

  - Humedad Natural: Saturación de los poros internos del agregado sin presentar humedad externa o superficial. [15]

- Saturado Superficie Seca (SSS): Poros internos saturados de agua, el agregado no presenta humedad superficial apreciable. [15]

- Saturado Superficie Húmeda (SSH): Poros internos saturados de agua, el agregado presenta humedad superficial apreciable. [15]

- **Peso Volumétrico**. Masa por unidad de volumen del agregado, pudiendo ser suelto compactado y que sirve para calcular el porcentaje de vacíos del mismo, como se describe en la Norma INEN 858 [23]

Agregado Grueso

- **Granulometría.** Método mecánico por el cual se separan las partículas de los agregados por tamaños mediante el uso de mallas. Para que la arena a utilizarse sea la adecuada debe cumplir los límites especificados en la norma ASTM E-11 [24], como se especifica en la Tabla 6:

Tabla 6. Porcentajes de agregado que pasa los tamices de la serie

Tamaño de malla		Límites ASTM que pasa
N° tamiz	**Abertura (mm)**	**(%)**
2”	50.8	100
1½”	38.1	95 – 100
1”	25.4	-
¾”	19.1	35 – 70
½”	12.7	-
⅜”	9.52	10 – 30
#4	4.76	0 – 5
Bandeja	-	-

Fuente: *ASTM E-11* [24]

Como recomendación para mejorar la calidad del hormigón se establece que el agregado debe tener una buena graduación (tamaños distribuidos de forma continua, de modo que el porcentaje de vacíos sea menor, así como el costo del hormigón.

- **Tamaño Nominal Máximo (TNM)**. Tamaño del tamiz que representa el 15% o más del porcentaje retenido acumulado de la muestra ensayada para granulometría. [25]

  El tamaño de las partículas de agregado no debe sobrepasar de:

  - 20% de la dimensión menor del elemento.
  - ¾ del espaciamiento libre entre barras de refuerzo.
  - ⅓ del peralte de la losa.

- **Densidad Relativa**. "La determinación que se emplea para evaluar el atributo de su densidad, corresponde a la determinada gravedad específica de masa, que es el cociente resultante de dividir el peso en el aire de un cierto volumen de agregados en condición saturada y superficialmente seca, entre el peso en el aire de un volumen igual de agua destilada libre de aire, a la misma temperatura."[1] (Tipantásig, 2014)

  En términos generales, el concepto representa un peso específico relativo, o simplemente peso específico, en condición saturada o superficialmente seca (SSS), el cual no tiene unidades puesto que es el cociente de dos magnitudes con unidades idénticas. Como se indica en la NTE INEN 857 [20], se puede determinar la densidad relativa promedio del agregado grueso al descartar el volumen que existe entre las partículas. [26]

- **Absorción.** Determina la cantidad de agua capaz de absorber el agregado y que debe tomarse en cuenta en la dosificación del hormigón para realizar las correcciones en el agua de mezclado.

- **Contenido de Humedad.** Cantidad de agua presente en el agregado (poros y superficie) al momento de ser ensayado. Los agregados tienden a acumular

[1] L. Tipantásig, *Comportamiento del Hormigón Reforzado con Fibras*, 1st ed. Ambato, 2014, p. 34.

humedad según el estado del tiempo, por lo que este parámetro debe ser controlado de forma precisa para evitar errores de dosificación en obra.

c. Agregado liviano / Piedra Pómez / Cascajo / Pumita

Es una roca ígnea volcánica, con baja densidad (flota en el agua) y muy porosa, de color blanco o gris, encontrada principalmente en canteras o depósitos naturales. Cuando se refiere a la piedra pómez en lo que respecta a sus posibles aplicaciones industriales, también puede ser conocida como puzolana.

Se encuentra en diferentes canteras del mundo, En su proceso de formación la lava proyectada al aire sufre una gran descompresión. Como consecuencia de la misma se produce una desgasificación quedando espacios vacíos separados por delgadas paredes de vidrio volcánico.

Es una roca efusiva joven, de terciaria a reciente, que contiene feldespato potásico, cuarzo y plagioclasa; pasta de grano fino a vítreo en las que cristales de biotita forman fenocristales. [27]

En el Ecuador, existen canteras de piedra pómez distribuidas por toda la región sierra, las cuales se han formado a partir de antiguas erupciones volcánicas de la cordillera de los Andes. La cantera más cercana a la provincia de Pastaza se encuentra en la ciudad de Pelileo, aproximadamente a 80km de Puyo.

- **Características**

Tipo básico: Piedra volcánica

Grupo: Ígneas

Sistema cristalino / Estructura: Posee formas variadas, predominando las alargadas y angulosas.

Composición química: Compuesto de trióxido de sílice y trióxido de aluminio, entre otros componentes: 71% de SiO2, 12.8% de Al2O3, 1.75% de Fe2O3, 1.36% de CaO, 3.23% de Na2O, 3.83% de K2, 3.88% de H2O.

Formación y origen: Son piroclásticos porosos, que se constituyen de vidrio en forma de espuma y que se forman durante un enfriamiento muy rápido de un magma ascendiente de alta viscosidad. Estos son muy característicos de las vulcanitas claras y ácidas, como por ejemplo de la riolita, y por ello son de color blanco grisáceo hasta amarillento, raramente de color café o gris. El término "piedra pómez" incluye todas las rocas piroclásticas porosas.

Dureza: 5 / 6 Mohs. Aunque de dureza media, debido a su alta friabilidad el poder abrasivo es muy bajo, produciendo un efecto muy suave sobre la superficie.

Textura: Porosa, esponjosa o espumosa, con muchos huecos y cavidades.

Densidad: Sus poros cerrados le confieren una baja densidad, por lo que el comportamiento al impacto es muy ligero. 0,7 (0,4 a 0,9) g/cm3

Color: Blanco grisáceo, ceniza, amarillento. Brillo: Piedras pómez frescas son de brillo sedoso.

- **Propiedades**

El origen volcánico le da ciertas características a la piedra pómez, como una alta cantidad de poros y células cerradas dan por resultado una porosidad con una solidez de grano al mismo tiempo. Su porosidad le permite absorber y retener el agua, además de hacerla ligera y otorgarle condiciones particulares, especialmente para el filtrado de productos de elaboración industrial.

La piedra es tan suave que puede ser tallada, torneada y grabada con gran facilidad. Su color blanco le da una gran vistosidad, siendo también útil para la decoración. Debido a su ligereza puede flotar sobre las aguas a causa del aire contenido en sus cavidades.

Adicionalmente, la piedra pómez es resistente al frío, al fuego y a la intemperie y libre de sales solubles en agua. Las partículas de esta roca volcánica, poseen variadas formas predominando las alargadas y las angulosas. Sus poros cerrados le

confieren una baja densidad, por lo que el comportamiento al impacto es muy ligero.

Aunque es de dureza media, debido a su alto porcentaje de desgaste, el poder abrasivo es muy bajo, produciendo un efecto muy suave sobre la superficie trabajada. [28]

d. Fibras

La norma ASTM C1116 [18] define las fibras como: "Filamentos finos y elongados en forma de haz, malla o trenza, de algún material natural o manufacturado que pueda ser distribuido a través de una mezcla de hormigón fresco."[2] Asimismo el código ACI 544 considera fibras para el hormigón a los filamentos discontinuos de acero, las fibras sintéticas, las fibras de vidrio y las fibras naturales. [6]

Desde la antigüedad, se ha usado fibras conjuntamente con el hormigón ya que, al ser mezcladas con este, demostraron beneficios en este, como la reducción de la fisuración, incrementos en la resistencia a la compresión y tracción, entre otras.

En los estudios realizados respecto al tema, se ha encontrado que algunas de las características que deben presentar las fibras para comportarse de forma adecuada en el hormigón son:

- Tener un módulo de elasticidad más alto que el del hormigón o matriz.
- Debe existir una buena adherencia fibra-matriz.
- Tener suficiente longitud.
- Deben ser esbeltas (largas en relación al espesor o diámetro)

Clasificación de las fibras

Existen varias fibras en el mercado mundial y según el código A.C.I 544 [5] se pueden nombrar las siguientes:

[2] *ASTM C1116 / C1116M - 10a (2015) Standard Specification for Fiber-Reinforced Concrete*

- Fibra Natural: bagazo de caña de azúcar, coco, yute, maguey, plátano, bambú.
- Fibra Sintética: acrílica, aramida, carbono, nylon, poliéster, polipropileno.
- Fibra de Vidrio.
- Fibra de Acero**.**

Fibras Naturales

- **Fibras de Bagazo de Caña de Azúcar**

El bagazo es el remanente sólido de materia resultado de la compresión de la fibra de caña entre grandes cilindros llamados mazas, proceso de molienda indispensable para obtener el líquido de los tallos. Se ha demostrado que, aunque este residuo puede no ser muy útil en un principio, al aplicarle un tratamiento que evite la biodegradación, puede ser usado como fibrorefuerzo en el hormigón, ya que posee aproximadamente 50% de fibra, lo cual genera ganancias de resistencia a la tracción y flexión.

- **Fibras de Yute**

"La fibra de yute posee muchos usos entre los que se encuentran los tradicionales de hacer ropas o embaces para transportar granos, los llamados sacos. Por su resistencia a la tensión las fibras de yute pueden ser usadas en matrices cementícias. El proceso para obtener las fibras de yute es muy simple: las plantas maduras son cortadas y remojadas en agua, aproximadamente a las cuatro semanas ya la corteza está descompuesta, entonces las fibras expuestas son despojadas del tallo, lavadas y secadas."[3] (Macías, 2009)

- **Fibras de Plátano**

El plátano es una planta herbácea que al madurar puede llegar a medir hasta seis metros de altura, posee un tronco fuerte de forma cilíndrica, que sale de un tallo bulboso y grande. Para obtener un correcto empleo de la fibra de plátano como material industrial es necesario realizar ciertos procesos de preparación, los cuales

[3]*MACÍAS, José. Utilización de Fibras en Hormigones, Quito. 2009. p. 14.*

consisten generalmente en sumergir por completo durante 24 horas las fibras en una composición de químicos, lavarlas con otros líquidos y llevarlas al horno otro día para su secado. Modificando así estos filamentos de origen natural se procura que adquieran mayor resistencia frente a la humedad, para que puedan ser utilizadas con otros materiales, como por ejemplo el cemento.

- **Fibras de Bambú**

El bambú es un tipo de fibra de celulosa regenerada, obtenida de la pulpa de la caña de bambú, que posee un elevado valor ecológico puesto que proviene de cultivos con ciclos renovables cortos (2 años) y sin dañar el patrimonio forestal.

Esta pulpa se refina a través de un proceso de hidrólisis- alcalinización y blanqueado. Además, la fibra de bambú es de alta durabilidad, estabilidad y tenacidad.

- **Fibras de Coco**

"El sustrato conocido como fibra de coco se obtiene como residuo de la industria textil de las fibras del mesocarpio de los frutos del cocotero (cocos nucífera). Este residuo se compone de una fracción granular, a modo de "copos" que también es conocido como "turba de coco", y otra fracción fibrosa, que son los restos de fibras." [4]

También se han encontrado usos similares para fibras de maguey y agave.

Fibras Sintéticas

- **Fibras de Acrílico**

La fibra acrílica es un material manufacturado elaborado a partir de acrilonitrillo, el cual es un líquido incoloro incendiable que se deriva del plástico de polipropileno. El resultado de combinar fibras acrílicas con el hormigón normal ha

[4] *"SUSTRATOS DE COCO", abonosysustratosmarc.galeon.com, 2017. [En línea]. Disponible en: http://www.abonosysustratosmarc.galeon.com/. [Acceso: 17- Nov- 2016]*

demostrado la capacidad de tener una alta tenacidad post fisuración y alta ductilidad del material compuesto.

- **Fibras de Aramida**

Las fibras de aramida son una clase de fibras sintéticas compuestas por macromoléculas lineares orientadas mayoritariamente a lo largo del eje de las fibras. Esta fibra sintética es fabricada mediante el corte de una solución de polímero a través de una hiladora. Posee propiedades importantes tal como una elevada estabilidad térmica, insensibilidad a la humedad, gran tenacidad, alta resistencia a la tracción, alto módulo de elasticidad y una baja elongación a la rotura, al tener estas características las fibras de aramida otorgan parte de sus propiedades al concreto cuando son incorporadas en su mezcla.

- **Fibras de Carbono**

La Fibra de carbono se puede identificar como un polímero de una específica forma de grafito, siendo este una especie de carbono en estado puro. Posee propiedades mecánicas semejantes a la del acero tomando en cuenta que es un material más ligero tanto como la madera o el plástico.

Comparadas con las demás fibras sintéticas del mercado, las fibras de carbono son mucho más costosas por lo que es necesario realizar un profundo análisis costo-beneficio para optar por utilizar este material como refuerzo para el hormigón. Las fibras de carbono se han desarrollado especialmente por sus propiedades de alta resistencia, elevado módulo de elasticidad, bajo peso por unidad de volumen, adecuada resistencia a la corrosión, al fuego; y a que son inertes frente a la gran parte de productos químicos.

Dejando a un lado el alto precio, su incorporación al concreto resulta muy valiosa pues le asigna superiores beneficios de desempeño, tales como aumento en la resistencia a tensión o corte, dependiendo de la forma de aplicación, así como también facilidad de colocación en superficies deterioradas y al poseer baja densidad (hasta 5 veces menor que el acero), no suelen suponer sobrecargas apreciables a la estructura global. [29]

- **Fibras de Nylon**

La denominación de nilones, es el término genérico que identifica una clase de polímeros. Existen una gama de fibras de nylon en el medio comercial para su utilización en aplicaciones industriales, textiles, entre otras; pero únicamente hay dos tipos de fibras de nylon que pueden prestarse para refuerzo del hormigón convencional y son el nylon 6 y el nylon 66, los cuales presentan buenas características como tenacidad, ductilidad y recuperación de elasticidad.

- **Fibras de Poliéster**

El poliéster es un polímero (plástico) producto derivado del petróleo. Las fibras de poliéster se presentan a manera de monofilamentos y son sensibles a la temperatura por lo que sus propiedades fundamentales son alteradas cuando el material sobrepasa su temperatura normal servicio.

- **Fibras de Polipropileno**

Las fibras de vidrio son estables y no presentan reacción química con el hormigón. Al ser impermeables, no disminuyen el agua de mezclado por absorción; son livianas y han demostrado incrementar la resistencia a la tensión del hormigón en porcentajes medianos. Los costes de fabricación son bajos y existen varios procesos para su obtención. Dado que no absorben agua, tienden a tener problemas de adherencia con la matriz cementante, además de ser inflamable y poseer un módulo de elasticidad relativamente bajo. [30]

Fibra de Vidrio

La fibra de vidrio es un producto mineral fabricada de manera artificial el cual está conformado por numerosas y finas fibras de vidrio. Aun incorporando porcentajes bajos de estas fibras, el incremento en la resistencia a la flexión, tensión e impacto se incrementan de manera considerable, por lo que el hormigón resultante es ligero y resistente. [30]

Fibra de Acero

Las fibras de acero se definen como pequeños pedazos discontinuos de acero. Son elementos con la característica que presentan una dimensión predominante respecto

a las demás, cuya superficie puede ser lisa o labrada para conseguir una mayor adherencia a la matriz cementante en caso de hormigones reforzados con fibras.

El hormigón fibroreforzado incorpora cantidades considerables de fibras orientadas aleatoria y tridimensionalmente, a las cuales se transmiten los esfuerzos producidos el momento en que la matriz aglutinante empieza a fisurarse.

c. Calidad del Hormigón

Para que un hormigón presente buenas características, el control de calidad debe iniciar en los componentes principales, agregados, agua, cemento y aditivos. Una vez que se han realizado todos los ensayos en estos y que los mismos han determinado la calidad de los componentes, se debe controlar la dosis en la que se van incorporando al hormigón, así como las correcciones por contenido de humedad y porcentaje de absorción. El tipo de dosificación, al volumen o al peso, se determinará dependiendo de las condiciones de la obra, así como el uso de aditivos que requieran un tipo determinado de dosis.

Otro parámetro importante en el control de calidad reside en el mezclado correcto de estos componentes, el cual debe asegurar que la mezcla sea homogénea y que presente buenas características en este estado.

Una vez salvados todos estos controles, el hormigón debe ser colocado y compactado de modo que no presente ondulaciones excesivas y que su textura sea la correcta. Además, se debe cuidar que el hormigón tenga un adecuado proceso de fraguado y que cuente con el agua suficiente (distribuida en todas sus superficies) que garanticen las reacciones necesarias para obtener la ganancia de resistencia esperada.

Este es un proceso que se acelera con el aumento de temperatura y se ralentiza con el descenso de la misma. El curado del concreto permite además, evitar la aparición de fisuras y micro fisuras. [31]

d. Propiedades Mecánicas del Hormigón

Hormigón Fresco

Es el hormigón que posee plasticidad y por lo tanto es capaz de moldearse. El hormigón se encuentra en estado fresco entre el momento del mezclado y amasado y el momento en el que empieza el proceso de fraguado inicial. Este tiempo es variable y depende del tipo y calidad del cemento, cantidad de agua de mezclado, temperatura ambiente, aditivos utilizados, entre otros. Las propiedades más importantes de este estado del hormigón son:

a. Consistencia

Depende de la granulometría de los agregados, tamaño y forma, así como la cantidad de agua de mezclado y la cantidad de pasta. Se define como la dificultad con la que el hormigón en estado fresco se deforma. Generalmente se lo asocia con el asentamiento y suele ser susceptible al uso de aditivos.

b. Docilidad o Trabajabilidad

Facilidad para moldear, manipular, trabajar, transportar, colocar, y compactar el hormigón en estado fresco, sin perder homogeneidad.

c. Homogeneidad

Se define como la calidad de mezclado del hormigón, siendo esto visible que, al tomar una muestra de cualquier parte de este, las partículas se encuentren bien mezcladas y en la proporción determinada inicialmente.

d. Peso Específico

"Es la relación que existe entre la masa del hormigón en estado fresco y el volumen que ocupa el mismo. Este parámetro puede ser un indicador de la calidad del hormigón respecto a su uniformidad."[5]

[5] "Notas de Laboratorio", *Personales.upv.es*, 2013. [Online]. Available: http://personales.upv.es/fbardisa/Notas%20de%20Laboratorio.htm. [Accessed: 04- Jan- 2017].

Hormigón Endurecido

Los procesos químicos internos del proceso de fraguado del hormigón hacen que este vaya perdiendo su plasticidad y trabajabilidad y se endurezca. Se ha visto que el hormigón desarrolla sus propiedades conforme a su edad, así como a las condiciones ambientales a las que será expuesto a lo largo de su vida útil.

a. Permeabilidad

Por el proceso mismo de fabricación del hormigón, este es un material permeable, ya que se incluye en su dosificación, un contenido óptimo de vacíos. Esto causa que, al encontrarse sometido a presión externa de agua, tiende a generarse escurrimiento a través de su superficie. Este parámetro está directamente ligado a la relación agua/cemento.

b. Resistencia a la Compresión

El hormigón es un material que resiste las solicitaciones de carga, ya sea esta de compresión, tensión o flexión. La más elevada de todas, es sin duda, la resistencia a la compresión, siendo esta, aproximadamente, diez veces mayor a la de la resistencia a la tensión.

- **Resistencia Característica**. Es el valor de la resistencia a la compresión del hormigón simple. Por definición, el 95% de las probetas ensayadas deben estar sobre el valor de esta resistencia.

- **Resistencia Media.** Representa el promedio aritmético de los valores de resistencia obtenidos en los ensayos de las probetas.

e. Bloques

Bloque hueco de concreto

Se da el nombre de bloque hueco de concreto al elemento simple en forma de paralelepípedo ortogonal, con perforaciones paralelas a una de las aristas, fabricados con una mezcla de cemento, arena, agregado grueso y agua.

Clasificación de los bloques huecos de concreto

De acuerdo a la norma ASTM C-90 [32] que establece las especificaciones estándares de calidad, para los bloques huecos de concreto para mampostería reforzada, estos se clasifican de la manera siguiente:

Según su peso

Por su peso los bloques huecos de concreto se clasifican en base a lo siguiente:

- De peso ligero: 1362 kg/m³ a 1682 kg/m³
- De peso medio: 1682 kg/m³ a 2002 kg/m³
- De peso normal: 2002 kg/m³ o más.

Según su uso

De acuerdo a su uso los bloques huecos de concreto se clasifican en dos grados:

- **Grado N.-** Son bloques para uso general en paredes exteriores o interiores, que pueden o no estar sujetas a la intemperie o a la humedad, también son usados para obras de retención.
- **Grado S.-** Son bloques cuyo uso está limitado a paredes exteriores siempre que se proporcione un recubrimiento de protección contra la humedad o paredes no expuestas a la humedad.

La clasificación de los bloques de concreto por grado es importante, ya que la resistencia mínima de ruptura a la compresión y la máxima absorción permitida, está regulada en función de la clasificación por grado de los mismos, estas características son bien relevantes en la calidad de los bloques de concreto.

Según el grado de humedad

Para los bloques de grado N y grado S, existen dos tipos de bloques:

Tipo I.- Que corresponden a bloques con humedad controlada, N-I y S-I.

Tipo II.- Que corresponde a bloques con humedad no controlada, N-II y S-II.

La importancia de la clasificación por grado de humedad está directamente relacionada con el coeficiente de expansión de los bloques. Por tanto, el control de humedad tiene por finalidad evitar grietas en los bloques y el mortero.

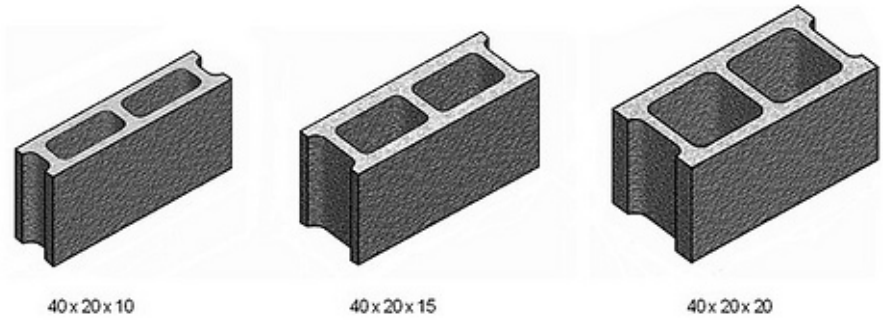
En cuanto a las normas ecuatorianas, la NTE INEN 638 [33], la clasificación se considera conforme al uso que estos bloques tendrán, definiéndose 5 tipos:

- **Tipo A**. Paredes exteriores de carga, sin revestimiento.
- **Tipo B**. Paredes exteriores de carga, con revestimiento. Paredes interiores de carga, con o sin revestimiento.
- **Tipo C**. Paredes divisorias exteriores, sin revestimiento.
- **Tipo D**. Paredes divisorias exteriores, con revestimiento. Paredes divisorias interiores, con o sin revestimiento.
- **Tipo E**. Losas alivianadas de hormigón armado.

Dimensiones de los bloques huecos de hormigón

Las dimensiones de una unidad de mampostería están definidas por su espesor, su altura y su longitud. Para cada una de ellas existen tipos de dimensiones, según el propósito: Las dimensiones reales son las medidas directamente sobre la unidad en el momento de evaluar su calidad; las dimensiones estándar son las designadas por el fabricante como dimensiones de producción. Los más comunes son los que se indican en la Ilustración 1.

***Ilustración 1**.Bloques de hormigón de baja densidad y sus medidas.*



***Fuente**: Norma ASTM C-90-85* [32]

Las dimensiones nominales son iguales a las dimensiones estándar más el espesor de una junta de pegamento, equivalente a 9.53mm ≈ 10mm= 1cm, las dimensiones

de estos, utilizados comúnmente en la construcción, la dimensión nominal incluye el espesor nominal de la junta el cual es de 1 cm., el modulo para proyectar los bloques es de 20 cm.

La NTE INEN 638 [33] y NTE INEN 316 [1] determinan las dimensiones nominales y reales para bloques huecos, según el tipo correspondiente, las cuales se resumen en la Tabla 7.

En general existen 3 tamaños comerciales (en cm): 20, 15 y 10, refiriéndose a los espesores del bloque y manteniendo las medidas de largo y altura en 40cm y 20cm, respectivamente, pudiendo haber tamaños mayores o intermedios fabricados por pedido.

Tabla 7. Dimensiones de bloques huecos de hormigón

	DIMENSIONES NOMINALES			DIMENSIONES REALES		
TIPO	largo	ancho	alto	largo	ancho	alto
A, B	40	20,15,10	20	39	19,14, 09	19
C, D	40	10,15.20	20	39	09,14,19	19
E	40	10,15,20,25	20	39	09,14,19,24	20

Fuente: *NTE INEN 638* [33]

Calidad de los bloques huecos de concreto.

Características de los Bloques

Todo bloque, considerado como unidad de mampostería, debe contar con propiedades que permitan que sean económicos, livianos, acústicos, resistentes al fuego, durables y capaces de resistir ciertas solicitaciones de carga.

Las características físicas de los bloques, como la geometría, el peso unitario, capacidad de absorción, e incluso, la eflorescencia, influyen notoriamente en la resistencia de estos.

Control de calidad

La función del control de calidad de las unidades de mampostería es verificar, mediante pruebas normadas el cumplimiento de la norma ASTM C 90-85 [32]. Las principales características que determinan la calidad de los bloques de concreto están determinadas por la misma norma, dichas características son:

- **Resistencia a la compresión**.

  La resistencia a la compresión representa el valor del esfuerzo unitario de carga que puede soportar los bloques de concreto. No sólo define el nivel de calidad estructural, sino también su resistencia al intemperismo o cualquier otra causa de deterioro.

  La resistencia a la compresión axial se determina mediante la aplicación de una carga de compresión en la misma dirección en la que trabaja un muro (perpendicular a la sección).

  La resistencia a la compresión es la principal cualidad que deben tener las unidades de mampostería y varía con el tipo de mampostería que se vaya a utilizar, según lo indica la norma NTE INEN 643 [3] como se detalla en la Tabla 8.

Tabla 8. Requisitos de resistencia la compresión para bloques huecos de hormigón.

Tipo de Bloque	Resistencia mínima a la compresión a los 28 días (MPa)
A	6
B	4
C	3
D	2.5
E	2

Fuente: *NTE INEN 643* [3]

En este tipo de ensayos, la falla suele producirse por aplastamiento de los bloques, sin embargo, también se presentan por agrietamiento vertical, generalmente a causa de deformaciones transversales.

- **Absorción de agua**

  La absorción de agua de un bloque de concreto representa la densidad del concreto usado en su fabricación. La absorción es la propiedad del concreto de la unidad para absorber agua hasta llegar al punto de saturación. Está directamente relacionada con la permeabilidad o sea el paso del agua a través de sus paredes.

  Los límites para la absorción varían según el tipo de concreto con que este elaborado la unidad y su valor se determinan mediante el ensayo correspondiente a la norma ASTM C 90-85 [32]. La absorción permitida está relacionada con el peso volumétrico de los bloques secados al horno, siendo mayor la absorción permitida en los bloques de menor peso volumétrico seco, y menor en los bloques de mayor peso volumétrico seco

  La NTE INEN 643 [3] determina un límite máximo de 15% para cualquier tipo de bloque hueco de hormigón.

- **Contenido de humedad**

  A diferencia de la absorción, el contenido de humedad no es una propiedad del concreto de la unidad de mampostería como tal, sino un estado de presencia de humedad dentro de la masa del mismo, entre la saturación y el estado seco al horno. El control del contenido de humedad de las unidades es fundamentalmente necesario, dado que el concreto se expande y se contrae con el aumento o disminución de su humedad.

- **Eflorescencia**

  El proceso de eflorescencia contempla la exposición a la humedad de los materiales de construcción en contacto con sales disueltas y el proceso de formación de cristales en la superficie expuesta al aire una vez que la humedad de evapora.

- **Aislamiento térmico y acústico.**

  La transmisión de calor a través de las paredes es un problema que afecta la comodidad de los habitantes de las viviendas y la economía de la construcción en las zonas frías y cálidas, debido a la necesidad de colocar aislantes o calefacción adicional, según corresponda.

  Respecto a la capacidad de aislamiento acústico de los bloques, esta suele ser mayor al de otros materiales utilizados comúnmente.

También las características que presenta un buen bloque hueco de concreto están determinadas por la uniformidad, en su apariencia y calidad, resistencia adecuada y una baja absorción de agua la cual permite su adecuada utilización y por consiguiente la obtención de una obra de calidad. Los bloques deben ser uniformes en dimensiones.

2.2 HIPÓTESIS

Las fibras del bagazo de caña de azúcar pueden ser utilizadas como agregado orgánico en la elaboración de hormigón para bloques para mampostería liviana.

2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

2.3.1 Variable independiente

El hormigón con fibras de bagazo de caña de azúcar adicionadas.

2.3.2 Variable dependiente

Propiedades físicas y mecánicas de los bloques para mampostería liviana.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Nivel o tipo de investigación

El presente trabajo se enmarca dentro de la investigación experimental, dado que durante el desarrollo del mismo se ejecutarán ensayos en muestras de hormigón preparadas con fibras de bagazo de caña de azúcar añadido a la matriz del hormigón convencional y se determinará la influencia de dichas fibras en las propiedades físicas y mecánicas del mismo.

Esta investigación será, además, de laboratorio, porque se realizarán ensayos para determinación de propiedades tanto de agregados pétreos, como del agregado orgánico. También se realizan pruebas para determinar la influencia de la cantidad de fibra añadida al hormigón.

Finalmente, será una investigación aplicada, debido a que se pondrán en práctica los estudios previos de otros autores y los conocimientos obtenidos durante la formación en esta Facultad, específicamente aquello que contempla la cátedra de ensayo de materiales. Adicionalmente, los resultados obtenidos en esta investigación servirán como guía y punto de partida para profesionales y estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil.

3.2 Población y muestra

Como esta es una investigación de carácter experimental, la población y la muestra serán las mismas.

Para los bloques, la población se establece en la NTE INEN 643 [2], requiriéndose una población de 3 especímenes, siendo estos mismos especímenes los que se

utilizará como muestra para la evaluación de las propiedades. Por posibles eventualidades durante el proceso de fabricación, curado y ensayo; y a fin de obtener un resultado más confiable, se fabricarán 3 muestras por dosificación, longitud de fibra y por edad de ensayo, comprendiendo un total de 90 muestras, incluidas las muestras de control.

3.3 Enfoque

En este proyecto se usará la investigación que tiene un enfoque cualitativo y cuantitativo, ya que se realizará un análisis de los agregados que serán utilizados para la producción del hormigón para los bloques de mampostería liviana, así mismo, se utilizarán diferentes características de las fibras a incluirse, tanto en cantidad, como en longitud, y cada una de estas dosificaciones están sujetas a normas y a ensayos de laboratorio, determinándose de esta manera la influencia en la resistencia a la compresión y qué tan adecuado es este material para ser utilizados en la producción de bloques para mampostería alivianada.

3.4 Operacionalización de variables

3.4.1 Variable Independiente

El hormigón con fibras de bagazo de caña de azúcar adicionadas

Tabla 9. Operacionalización de la variable independiente

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
El hormigón fibroreforzado, es una combinación de cemento hidráulico, agua, agregados pétreos finos y gruesos; y fibras dispersas aleatoriamente orientadas con el fin de mejorar las propiedades físicas y mecánicas del mismo.	Hormigón	Calidad del Hormigón	Características mínimas para considerar que un hormigón posee buena calidad	Investigación Bibliográfica Normas ACI, ASTM e INEN
		Tipos de Hormigón	Hormigones comunmente utilizados en nuestro país	Investigación Experimental y de Laboratorio
	Fibras de bagazo de caña de azúcar	Propiedades de las fibras	Influencia de las características de las fibras de bagazo de caña de azúcar en las propiedades del hormgión	Investigación Bibliográfica Normas ACI y ASTM
		Porcentaje de adición en la mezcla	Porcentaje óptimo de fibra a ser incorporada en el hormigón	Investigación Experimental y de Laboratorio

Fuente: *Jairo Narváez G.*

3.4.2 Variable Dependiente

Propiedades físicas y mecánicas de los bloques para mampostería liviana.

Tabla 10. Operacionalización de la variable dependiente

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
Las propiedades físicas y mecánicas más relevantes en los bloques de mampostería liviana son la resistencia a la compresión y el peso específico, dependiendo ambas de las características que presente el hormigón utilizado en su fabricación tanto en el estado fresco, como en el estado endurecido.	Hormigón Fresco	Trabajabilidad	Influecia de la relación agua/cemento en la trabajabilidad del hormigón	Investigación Bibliográfica Normas ASTM e INEN
		Consistencia	Métodos utlizados para medir determinar la consistencia del hormigón	Investigación Experimental y de Laboratorio
	Hormigón Endurecido	Resistencia a la Compresión	Influecia de las características de agregados en la resistencia del hormigón y de los bloques	Investigación Bibliográfica Normas ACI y ASTM
		Durabilidad	Factores que determinan la durabilidad del hormigón y de los bloques	Investigación Bibliográfica Normas ACI y ASTM

Fuente: *Jairo Narváez G.*

3.5 Plan de recolección de información

3.5.1 Preguntas Básicas

Tabla 11. Plan de Recolección de la Información

PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
1. ¿Para qué?	- Para investigar la influencia en la resistencia a la compresión de la adición de fibras de bagazo de caña al hormigón y su posible uso como agregado orgánico para la fabricación de bloques para mampostería liviana.
2. ¿De qué persona u objeto?	- Bloques de mampostería
3. ¿Sobre qué aspectos?	- Comportamiento del hormigón con fibras de bagazo de caña adicionadas. - Influencia de las fibras de bagazo de caña en las propiedades del hormigón fresco y endurecido.
4. ¿Quién?	- Jairo A. Narváez Guevara
5. ¿Dónde?	- Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.
6. ¿Cómo?	- Mediante ensayos y pruebas de laboratorio. - Investigación bibliográfica de investigaciones previas, Normas y Códigos.

Fuente: *Jairo Narváez G.*

3.5.2 Técnicas e Instrumentos

Tabla 12. Técnicas e Instrumentos de recolección de información

TÉCNICA	INSTRUMENTOS
1. Ensayos de Laboratorio	- Herramienta menor - Moldes para elaboración de bloques de hormigón y balanzas. - Máquina a compresión. - Cámara de curado.

Fuente: *Jairo Narváez G.*

3.6 Plan Procesamiento y análisis

3.6.1 Plan de Procesamiento de la Información

- Revisión crítica de la información recogida; depuración de información defectuosa: discordante, parcial, no congruente, etc.
- Tabulación de datos en concordancia con las variables de la hipótesis.
- Presentación gráfica de los resultados obtenidos y procesados.

3.6.2 Plan de Análisis e Interpretación de resultados

- Análisis e interpretación de resultados correlacionándolos con los objetivos de la presente investigación y la hipótesis planteada.
- Comprobación o refutación de la hipótesis conforme a los resultados derivados del transcurso de la investigación.
- Establecimiento de conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Recolección de Datos

4.1.1 Ensayos realizados en los agregados

A fin de poder realizar la dosificación del hormigón necesario para la elaboración de los bloques se realizaron los siguientes ensayos tanto en el agregado fino, como en el agregado grueso liviano (pómez):

- Granulometría
- Peso unitario suelto
- Peso unitario compactado
- Densidad real
- Capacidad de absorción

El agregado fino utilizado proviene de la mina del río Pastaza, de la Planta de Trituración "Zúñiga" ubicada en la parroquia Madre Tierra, Cantón Mera.

El agregado grueso liviano (pómez) se obtuvo de la fábrica de bloques y proviene de las minas del cantón Pelileo.

Los resultados de los ensayos fueron los que se resumen en la Tabla 13. Los ensayos detallados se muestran en los Anexos 2.3 (Tabla 31, Tabla 32, Tabla 33 y Tabla 34)

Tabla 13. Resumen de resultado de ensayos de agregados

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Densidad Suelta Arena	g/cm³	1.556
Densidad Compactada Arena	g/cm³	1.699
Densidad Suelta Cascajo	g/cm³	0.882
Densidad Compactada Cascajo	g/cm³	1.421
Porcentaje óptimo de arena en la mezcla	%	40.00
Porcentaje óptimo de cascajo en la mezcla	%	60.00
Densidad de la mezcla de agregados	g/cm³	2.050
Densidad del cemento	g/cm³	2.934

Fuente: *Jairo Narváez G.*

4.1.2 Dosificación del hormigón usando el método de la Universidad Central del Ecuador (Densidad Óptima)

Con los resultados mostrados anteriormente se procedió a calcular la dosificación de la mezcla, utilizando el método de la densidad óptima desarrollado por el Laboratorio de Hormigón de la Universidad Central del Ecuador [34]

El proceso de cálculo se llevó a cabo de la siguiente manera:

1) **Densidad Real del Agregado [DR_{Ag}]**

   Para determinar la densidad real del agregado grueso se utiliza el método de la canastilla, mientras que para el agregado fino se utiliza el método del picnómetro. La densidad real se consigue estableciendo los porcentajes óptimos para que la densidad de la mezcla sea la mayor.

   Ecuación 1. Densidad Real del Agregado [34]

$$DR_{Ag} = \frac{DR_{Arena} \times PO_{Arena} + DR_{Pómez} \times PO_{Pómez}}{100}$$

   Siendo:

   DR = Densidad real del agregado

   PO = Porcentaje óptimo del agregado

2) **Porcentaje Óptimo de Vacíos (%OV)**

   Se determina en base a la mezcla de agregados compactada.

   Ecuación 2. Porcentaje Óptimo de vacíos [34]

$$\%OV = \frac{DR_{Ag} - DOM_{Ag}}{DR_{Ag}} \times 100$$

   Siendo:

   DR_{Ag} = Densidad real del agregado

   DOM_{Ag} = Densidad óptima de la mezcla de agregados

3) **Cantidad de Pasta (CP)**

   Este valor depende de la consistencia esperada de la mezcla (asentamiento) y se determina en base al porcentaje óptimo de vacíos (%OV) de conformidad a la siguiente tabla.

Tabla 14. Cantidad de pasta en base al asentamiento esperado de la mezcla

ASENTAMIENTO (cm)	CANTIDAD DE PASTA (%)
0-3	%OV + 2% + 3%(%OV)
3-6	%OV + 2% + 6%(%OV)
6-9	%OV + 2% + 8%(%OV)
9-12	%OV + 2% + 11%(%OV)
12-15	%OV + 2% +13%(%OV)

Fuente: *Camiero, Raúl. Dosificación de mezclas. Quito. UCE. 2010* [34]

4) Relación Agua/Cemento (w/c)

La relación agua/cemento está determinada por la resistencia a la compresión esperada del hormigón a los 28 días de edad y está dada por la siguiente tabla:

Tabla 15. Resistencia a la compresión del hormigón según la relación w/c

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm^2)	CANTIDAD DE PASTA (%)
450	0,37
420	0,40
400	0,42
350	0,47
320	0,51
300	0,52
280	0,53
250	0,56
240	0,57
210	0,58
180	0,62
150	0,70

Fuente: *Camiero, Raúl. Dosificación de mezclas. Quito. UCE. 2010* [34]

Dado que no existe una relación w/c para la resistencia mínima para los bloques tipo E ($20kg/cm^2$), y basados en la capacidad de absorción del agregado grueso y de las fibras de bagazo de caña, se establece una relación w/c = 0.77

5) Cantidad de Cemento (C)

Ecuación 3. Cantidad de cemento [34]

$$C = \frac{CP}{{}^{W}/_{C} + \frac{1}{DR_C}}$$

6) Cantidad de Agua (W)

Ecuación 4. Cantidad de agua [34]

$$W = ({}^{W}/_{C}) \times C$$

7) Cantidad de Arena (A)

Ecuación 5. Cantidad de Arena [34]

$$\boldsymbol{A} = (\mathbf{1000} - \boldsymbol{CP}) \times \frac{DR_A \times PO_A}{100}$$

8) Cantidad de Pómez (Pz)

Ecuación 6. Cantidad de Pómez [34]

$$\boldsymbol{A} = (\mathbf{1000} - \boldsymbol{CP}) \times \frac{DR_{Pz} \times PO_{Pz}}{100}$$

9) Dosificación al peso

Finalizado el proceso anterior, se obtienen las dosis al peso de los materiales considerando un estado de saturado superficialmente seco (SSS).

Ecuación 7. Dosificación de materiales al peso [34]

$$Dosificación\ (W, A, Pz) = \frac{Cantidad\ de\ material\ (W, A, Pz)\ por\ m^3}{Cantidad\ de\ cemento\ (C)}$$

Los valores obtenidos por este método asumen un estado SSS para el trabajo en obra (fábrica), y dado que es muy probable que no se cumpla esta condición, será necesario reajustar la dosificación según la humedad de los agregados.

4.1.3 Proceso de Fabricación

Los bloques de mampostería son elementos modulares pre moldeados y diseñados para ser utilizados de manera confinada y armada. En su proceso de fabricación se utilizan componentes para un hormigón ultraligero: Arena, piedra pómez, cemento y agua.

La producción de bloques de mampostería requiere la implementación de un taller que permita la fabricación de unidades con una producción promedio diaria cuyo rendimiento dependerá del tipo de mezcla empleada y la maquinaria disponible.

El equipamiento básico consiste en una mesa vibratoria, moldes metálicos, herramienta menor (palas, carretillas, parihuelas, entre otros.), además de un área que permita mantener un stock suficiente de agregados y que sea adecuada para las maniobras. Puede incluir en su distribución una zona de materiales y agregados, una zona de mezclado y moldeado, una zona de desmolde y una zona de curado.

El proceso que en general se siguen en cualquier fábrica de bloques de nuestro país se presenta en la Ilustración 2.

Ilustración 2. Esquema del proceso de fabricación de bloques



Fuente: *Jairo Narváez G.*

a. Dosificación

Generalmente se realiza una dosificación por volumen, siendo apropiada para las fábricas artesanales más comunes en nuestro medio. Existen también dosificaciones al peso, las cuales se utilizan en un proceso más industrializado.

En Ecuador, los agregados con los que se cuenta en general, son:

- Arena proveniente de canteras o ríos, o arenas procedentes del proceso de trituración de rocas.
- Agregados livianos procedentes de canteras, suelen ser piedra pómez (cascajo), chasqui, lapilli o granza
- Cemento Tipo IP (puzolánico)
- Agua de la red de distribución pública o la que se disponga.

Fotografía 1. *Agregados utilizados en las bloqueras artesanales*



Fuente: *Jairo Narváez G.*

En las fábricas de bloques (bloqueras) que se entrevistaron, las dosificaciones se hacen por “paladas”. Además, la proporción de agua se suele ajustar de acuerdo a la experiencia de los trabajadores de la fábrica, según la trabajabilidad que presente la mezcla, siendo la más común la que se expone en la Tabla 16.

Tabla 16. Dosificaciones típicas de fábricas de bloques.

MATERIAL	SÍMBOLO	DOSIFICACIÓN AL VOLUMEN
Agua	*w*	0.7
Cemento	*c*	1
Arena	*a*	5
Pómez	*p*	5

Fuente: *Jairo Narváez G.*

b. Mezclado

Mezclado manual

Una vez definida la dosificación, se procede al mezclado en el siguiente orden: en primer lugar, se dispone la arena, sobre la que se coloca la piedra pómez, y finalmente el cemento, poco a poco se empieza a mezclar con palas o azadas, hasta que la mezcla sea homogénea. Posteriormente se forma un cráter en el que se coloca el agua y se va cubriendo con el material de los costados hasta que toda la mezcla se haya hidratado. Generalmente en este paso se ajusta la cantidad de agua según el criterio del dosificador.

Los bloques fabricados manualmente suelen moldearse en moldes metálicos con mecanismo de expulsión, los cuales son llenados en tres capas, en cada una de las cuales se agita la mezcla, y en la última se compacta y se desmolda.

Mezclado Mecánico

Para este mezclado se utiliza una mezcladora tipo trompo (concretera), en el que se mezclan en seco el cemento y los agregados dentro del tambor y una vez que la mezcla es uniforme, se incorpora el agua y se mezcla por aproximadamente 3 a 5 minutos.

Cuando los agregados son muy absorbentes (15% a 20% de absorción), es aconsejable incorporar la mitad del agua a la mezcla de agregados antes de incorporar el cemento, y una vez hidratados estos, continuar el proceso descrito anteriormente.

Fotografía 2. *Mezcladora mecánica de paletas*



Fuente: *Jairo Narváez G.*

c. Moldeado

Una vez mezclados los componentes, se vacía la mezcla dentro de los moldes metálicos colocados sobre una mesa vibratoria

Fotografía 3*. Mesa vibratoria y moldes para bloques huecos.*



Fuente: *Jairo Narváez G.*

El proceso de llenado se realiza por capas y la mezcla suele acomodarse con una varilla. El proceso de vibrado se detiene cuando la exudación del agua de la mezcla empieza.

Posteriormente se desmoldan los bloques y son llevados al área de secado (fraguado).

d. Fraguado

Luego de ser desmoldados, los bloques deben permanecer en un sitio que garantice su protección de los agentes intemperizadores (sol, lluvia, viento), para se pueda realizar el proceso de fraguado sin pérdidas del agua de mezclado que afecten la calidad de los bloques. Generalmente este proceso tarda entre 4 y 8 horas, pero se suele dejar los bloques en el área de secado hasta el día siguiente.

Fotografía 4. *Bloques desmoldados en proceso de fraguado.*



Fuente: *Jairo Narváez G.*

El dejar que los bloques estén expuestos al sol y al viento ocasiona pérdidas en el agua de la mezcla y un secado prematuro, reduciendo la resistencia de estos y posibles fisuras del hormigón por retracción. Por esto, se suelen disponer de lonas plásticas que cubran los bloques frescos luego que estos se han humedecido. Esta lona se retira cada 2 días y se vuelven a humedecer los bloques.

e. Curado

Consiste en proveer del agua suficiente para que los bloques permanezcan húmedos, permitiendo el curado adecuado que garantice la ganancia de resistencia propia del proceso de endurecimiento del hormigón.

Como recomendación general, debido a la baja resistencia temprana de los bloques, estos no deben apilarse en más de cuatro niveles, dejando entre cada columna de bloques, la suficiente separación (de 2 a 5 cm) para que circule el aire y se puedan humedecer todas las caras de los bloques.

Dado que el fraguado final del cemento ocurre aproximadamente a las 3 horas del mezclado, el proceso de curado debe iniciar con un máximo de 3 horas luego del desmoldado. El humedecimiento de los bloques debe realizarse cada 6 u 8 horas, dependiendo de la cantidad de sol y viento, cuidando de que las caras no se sequen. Algunas bloqueras han optado por cubrir los lotes de bloques con lonas plásticas para evitar pérdidas excesivas de humedad. Se recomienda que este proceso dure como mínimo 7 días.

Existen métodos de curado por inmersión y curado en cámaras de vapor, pero estos no se emplean en las fábricas del Ecuador.

f. Secado y Almacenamiento

Aunque lo más recomendable para el proceso de secado final es el contar con un entarimado que permita optimizar el espacio y evitar fisuramiento temprano de los bloques, en las bloqueras visitadas, estos son almacenados en apilamientos simples de hasta 12 filas.

Al igual que en el proceso de fraguado, los bloques deben protegerse de la lluvia, el sol y el viento.

g. Factores que influyen en la calidad de los bloques de hormigón

Dentro de las condiciones que ayudan a la fabricación de bloques de buena calidad se encuentra la uniformidad, no solamente en las propiedades geométricas, sino con

especial cuidado en las características de los agregados, la homogeneidad de la mezcla y la correcta ejecución del proceso de fabricación.

Los factores del proceso de fabricación que determinan la calidad final de los bloques son: la correcta dosificación, mezclado adecuado de agregados e hidratación controlada, moldeado homogéneo, impedimento de vibración excesiva, curado apropiado y almacenamiento en condiciones que eviten daños prematuros.

En cuanto a la dosificación, esta requiere que se usen recipientes que permitan una medida homogénea (parihuelas) para evitar variaciones significativas de las propiedades mecánicas. Además, se debe controlar el tiempo de mezclado y, como en todo hormigón, se debe comprobar el asentamiento esperado.

Como regla general, se debe realizar un control de resistencia periódico para los lotes de producción, según lo estipulado en la NTE INEN 639. [2]

4.1.4 Dosificación utilizada para la elaboración de bloques con bagazo de caña de azúcar

Considerando que no existe un manual para dosificación de mezclas para bloques, se ha tomado como referencia la metodología para dosificación de hormigón basada en la densidad óptima (Método de la Universidad Central del Ecuador) [34]. Para los cálculos se utilizaron los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio para los agregados y el cemento, resumidos en la Tabla 13.

En la NTE INEN 643 [3], se establece una resistencia mínima a la compresión a los 28 días de edad de 2 MPa (20kg/cm^2) para bloques Tipo E como se muestra en la Tabla 8 (pág. 43).

La dosificación obtenida para la fabricación un hormigón ligero que cumpla con los parámetros de resistencia señalados y el uso de los agregados ensayados conforme lo calculado en la Tabla 35 (Anexo 2.3, pág. 103), fue:

Tabla 17. Dosificación calculada para bloques

MATERIAL	SÍMBOLO	DOSIFICACIÓN AL PESO	DOSIFICACIÓN AL VOLUMEN
Agua	*w*	0.77	0.77
Cemento	*c*	1.00	1.00
Arena	*a*	5.81	3.37
Pómez	*pz*	7.73	5.36

Fuente: *Jairo Narváez G.*

Además, se realizó un ajuste considerando la facilidad de aplicación en la fábrica, las características de los agregados y fibras a utilizarse, la porosidad y capacidad de absorción principalmente y los porcentajes comúnmente utilizados para la fabricación de bloques en nuestro medio, los cuales se muestran en la Tabla 16.

La dosificación final usada para la elaboración de bloques es:

Tabla 18. Dosificación para bloques ajustada

MATERIAL	SÍMBOLO	DOSIFICACIÓN AL VOLUMEN
Agua	*w*	0.75
Cemento	*c*	1.00
Arena	*a*	4.00
Pómez	*pz*	5.50

Fuente: *Jairo Narváez G.*

4.1.5 Tratamiento del bagazo de caña

Uno de los principales inconvenientes en el uso de agregado orgánicos en la elaboración de hormigones es la adición no controlada de compuestos que puedan afectar el proceso normal de fraguado propio de la reacción química del cemento y posteriormente a la resistencia final de éste.

El bagazo de caña contiene grandes cantidades de sacarosa, la cual se ha demostrado que produce efectos retardantes en el fraguado del hormigón, así como una reducción en la resistencia a la compresión si el porcentaje de adición es mayor al 0.06% del peso del cemento. [35]

Se analizaron 3 muestras de bagazo de caña de azúcar tomadas en la ciudad de Puyo, para contenido de fibra y de azúcar. Dado que la caña de azúcar tiene diferentes usos, el bagazo puede presentar o no corteza, por lo que se analizaron ambos casos. Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Análisis Ambiental e Inspección de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (Se adjuntan los informes de laboratorio. Ver Anexo 1 y Anexo . (Págs.93, 83 y 84)

Tabla 19. Contenido de fibra y azúcar en el bagazo de caña

MUESTRA	PARÁMETRO	VALOR		
		MUESTRA 1	MUESTRA 2	PROMEDIO
Bagazo sin corteza	Contenido de fibra	18.61%	16.25%	**17.43%**
Bagazo sin corteza	Contenido de azúcar	18.17%	25.42%	**21.80%**
Bagazo con corteza	Contenido de fibra	21.45%	-	**21.45%**
Bagazo con corteza	Contenido de azúcar	22.42%	-	**22.42%**

Fuente: *Jairo Narváez G.*

Dentro de los posibles tratamientos para eliminar la sacarosa contenida en el bagazo de caña, se consideraron:

- Pirólisis [8]
- Inmersión en solución de hidróxido de calcio al 5% durante 24 horas [11]
- Aplicación de cal viva
- Eliminación por arrastre de azúcares en agua, flujo continuo por 24 horas.

Considerando que se pretende implementar el uso del bagazo de caña como agregado en la fabricación de mampostería en bloqueras artesanales, se optó por la opción económicamente más conveniente, así como aquella a la que las bloqueras pudiesen tener acceso sin incrementar significativamente los costos de producción, esto es la eliminación por arrastre de azúcares en agua, flujo continuo por 24 horas.

Las muestras de bagazo sin picar fueron sumergidas en un flujo de agua continuo por intervalos de 6, 12 y 24 horas, como se muestra en la Fotografía 5.

***Fotografía 5**. Bagazo sometido a flujo continuo de agua para disminución de azúcares.*



***Fuente:** Jairo Narváez G.*

Como se puede observar en la Fotografía 6, también se tomó una muestra tratada con cal viva para comparación entre la eficacia de eliminación mediante un proceso físico y un proceso químico.

Las muestras se enviaron para su análisis en el laboratorio del Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental de la Facultad de Ciencias de la Universidad Superior Politécnica de Chimborazo (CESTTA). Los informes de resultados de los ensayos se encuentran en los Anexos 3 (pág. 96), Anexo 3 (pág. 87) , Anexo 4 (pág. 88) y Anexo 5 (pág. 89), y se resumen en la Tabla 20.

Tabla 20. Contenido de azúcar en el bagazo tratado

MUESTRA	TRATAMIENTO APLICADO	VALOR
M1	Cal Viva	6.07%
M2	Flujo continuo 6 horas	5.81%
M3	Flujo continuo 12 horas	5.68%
M4	Flujo continuo 24 horas	5.59%

***Fuente:** Jairo Narváez G.*

Las muestras ensayadas, así como los informes de resultados de laboratorio muestran que el tratamiento más efectivo en términos de eliminación de azúcar en el bagazo fue el de flujo continuo por 24 horas.

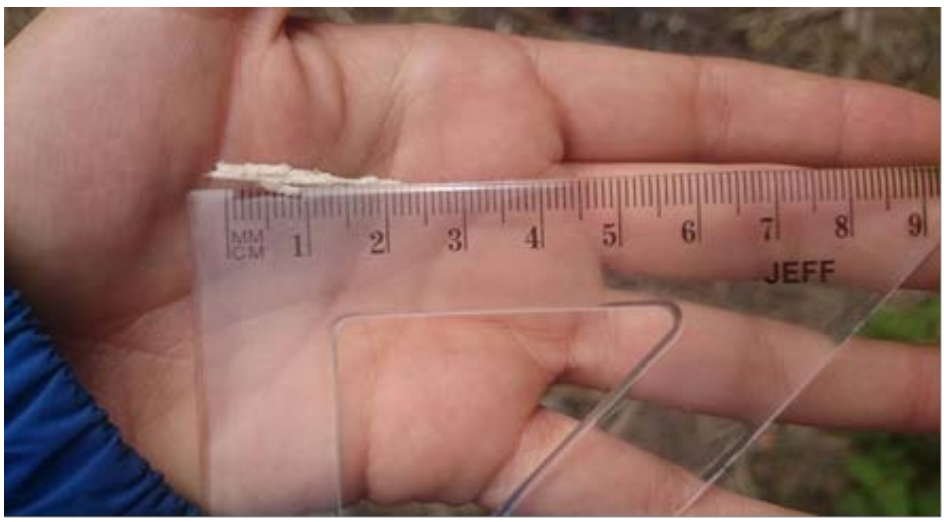
***Fotografía 6**. Bagazo tratado con cal viva para eliminación de azúcares.*



***Fuente:** Jairo Narváez G.*

El porcentaje máximo de bagazo a ser adicionado en la mezcla de hormigón es de 2% del volumen del hormigón, y con el contenido de azúcar en el bagazo tratado, se tiene un valor inferior al 0.02% de azúcar en la mezcla en relación al peso del cemento, evitando posibles afectaciones negativas al proceso de fraguado.

***Fotografía 7.** Bagazo de caña picado (Tamaño 1").*



***Fuente:** Jairo Narváez G.*

Las fibras de bagazo tratado para la mezcla se obtuvieron mediante el uso de una picadora a motor, la cual produce dos tamaños de fibra (aproximadamente 1” y 2”), dependiendo de la polea conductora que se utilice, como se observa en la Fotografía 7.

Se consideró la variación de porcentaje de fibras entre 0% y 2% con intervalos de 0.5%, al ser los recomendados para la adición de fibras en hormigones [5], con una muestra de 3 especímenes como se indica en NTE INEN 643 [2].

Para evaluar la evolución de la resistencia a la compresión de los bloques, se ensayarán muestras a los 7, 14 y 28 días.

Como un ensayo adicional se realizaron dosificaciones para bloques artesanales sin la adición de bagazo de caña, a fin de encontrar una dosificación que sea aplicable a las condiciones de fabricación con técnicas artesanales, y a su vez que cumpla con los parámetros exigidos por las normas de control. Para esto se evaluaron variaciones en los agregados manteniendo la relación agua cemento originalmente utilizada.

Estos bloques fueron ensayados a los 28 días de edad para propósitos comparativos únicamente.

Tabla 21. Cantidad de bloques preparados

EDAD DE ENSAYO	% DE BAGAZO	NÚMERO DE BLOQUES TAMAÑO DE FIBRA	
		1"	2"
7 días	0.00%	3	3
	0.50%	3	3
	1.00%	3	3
	1.50%	3	3
	2.00%	3	3
14 días	0.00%	3	3
	0.50%	3	3
	1.00%	3	3
	1.50%	3	3
	2.00%	3	3

EDAD DE ENSAYO	% DE BAGAZO	NÚMERO DE BLOQUES TAMAÑO DE FIBRA	
		1"	2"
28 días	0.00%	3	3
	0.50%	3	3
	1.00%	3	3
	1.50%	3	3
	2.00%	3	3
TOTAL		45	45

Fuente: *Jairo Narváez G.*

Para las variaciones de las dosificaciones se consideró el incremento o disminución de agregados en relación a la dosificación de control. En estas dosificaciones no se incluyó fibra de bagazo de caña, pues se buscaba determinar la influencia de la variación de los componentes tradicionales de los bloques.

Tabla 22. Dosificación para bloques adicionales

MATERIAL	SÍMBOLO	DOSIFICACIÓN AL VOLUMEN			
		CONTROL	VARIACIÓN 1	VARIACIÓN 2	VARIACIÓN 3
Agua	*w*	0.75	0.75	0.75	0.75
Cemento	*c*	1.00	1.00	1.00	1.00
Arena	*a*	4.00	3.50	4.50	4.50
Pómez	*pz*	5.50	5.50	5.50	6.00

Fuente: *Jairo Narváez G.*

4.2 Análisis de los resultados

Para el análisis de resultados, se establecerá la influencia de la adición de fibras de bagazo de caña tanto en el hormigón como material de fabricación, como en los bloques como elemento constructivo, teniendo como referencia los límites mínimos y máximos establecidos en las normas ecuatorianas.

Como un elemento de comparación se analizarán además bloques de distribuidores de bloques de la ciudad de Puyo para las propiedades del elemento endurecido.

4.2.1 Propiedades del hormigón fresco

Los resultados detallados se pueden ver en la Tabla 36 (pág. 104) y Tabla 37 (pág. 105) incluidas en el Anexo 2.3. A continuación se presenta el resumen de los datos obtenidos.

Las propiedades analizadas responden a aquellas que se consideran más representativas e influyentes en el proceso constructivo, entre estas se incluyen la trabajabilidad, homogeneidad y consistencia, las cuales determinan la facilidad de transporte, manipulación, colado de la mezcla, cantidad necesaria de agua y pasta en la fabricación, calidad de mezclado, y la necesidad del uso de aditivos, entre otras.

4.2.1.1 Trabajabilidad

El hormigón fabricado para las muestras de control presentó buena trabajabilidad. Las variaciones de esta propiedad en el hormigón adicionado con fibras de bagazo de caña de azúcar varían desde buena hasta mala, para porcentajes bajos y altos, respectivamente.

Dado que es un parámetro que se evalúa visualmente, así como en la facilidad del acoplamiento al molde, la variación no es notable entra tamaños de fibra; sin embargo, en general no existieron mayores inconvenientes al momento de la fabricación considerando que los moldes para bloques tienen dimensiones pequeñas en comparación con los moldes para probetas tradicionales.

Tabla 23. Trabajabilidad del hormigón según el contenido de fibra

CONTENIDO	**TRABAJABILIDAD**	
DE FIBRA	Fibra Longitud = 1”	Fibra Longitud = 2”
0.0%	Buena	Buena
0.5%	Buena	Media
1.0%	Media	Media
1.5%	Media	Mala
2.0%	Mala	Mala

Fuente: *Jairo Narváez G.*

No se observaron variaciones considerables de la trabajabilidad de la mezcla para contenidos de fibra menores al 1% en longitudes de 1” y 2”. Esta propiedad se calificó como “mala” para contenidos mayores al 2% en ambas longitudes de fibra como se aprecia en la Tabla 23.

4.2.1.2 Homogeneidad

El hormigón usado para la elaboración de la muestra de control mostró una homogeneidad buena, principalmente por el uso de una mezcladora de tambor en el momento de la fabricación. La adición de fibras de bagazo de caña a la mezcla tuvo poca influencia en este parámetro, principalmente por ser porcentajes bajos, como se observa en la Tabla 24.

Tabla 24. Homogeneidad del hormigón según el contenido de fibra

CONTENIDO DE FIBRA	**HOMOGENEIDAD**	
	Fibra Longitud = 1”	Fibra Longitud = 2”
0.0%	Buena	Buena
0.5%	Buena	Buena
1.0%	Buena	Buena
1.5%	Buena	Buena
2.0%	Media	Media

Fuente: *Jairo Narváez G.*

4.2.1.3 Consistencia

Este fue el único parámetro que mostro una variación considerable al incrementarse el contenido de bagazo. Este comportamiento del hormigón se debe a la absorción del agua de la mezcla por parte del bagazo, incluso al haberse previsto este inconveniente y utilizado bagazo en estado húmedo.

Existe un claro efecto en el asentamiento del hormigón conforme aumenta el contenido de fibra. Tanto el contenido de fibra, como la longitud de la misma

afectan de manera considerable el asentamiento de la mezcla. En ambos casos, se observó una disminución del asentamiento al aumentar el contenido de fibra y la longitud de la misma, como se aprecia en la Tabla 25.

Tabla 25. Consistencia del hormigón según el contenido de fibra

CONTENIDO DE FIBRA	**ASENTAMIENTO (cm)**	
	Fibra Longitud = 1”	Fibra Longitud = 2”
0.0%	6.0	6.0
0.5%	5.5	5.0
1.0%	4.0	4.0
1.5%	3.0	2.5
2.0%	2.5	1.5

Fuente: *Jairo Narváez G.*

4.2.2 Propiedades de los bloques endurecidos

4.2.2.1 Absorción de agua

Al ser bloques huecos preparados con elementos que presentan una porosidad elevada, así como fibras naturales que presentan un alto poder de absorción, se esperaban valores de contenidos de humedad elevados, lo cual fue comprobado una vez que se ensayaron los mismos.

Se pudieron observar incrementos notables en este parámetro conforme aumentaba el contenido de bagazo de caña en el hormigón como se detalla en la Tabla 26.

La NTE INEN 643 [3] determina un límite máximo de 15% para cualquier tipo de bloque hueco de hormigón, por lo que este parámetro no se cumple. Se considera que la inclusión de fibras que absorben agua, tanto en el momento del mezclado, como durante el ensayo, influye para que los valores sean altos.

Tabla 26. Porcentaje de absorción de los bloques según el contenido de fibra

CONTENIDO DE FIBRA	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE AGUA PROMEDIO (%)	
	Fibra Longitud = 1”	Fibra Longitud = 2”
0.0%	19.2	19.2
0.5%	19.3	20.0
1.0%	19.8	20.8
1.5%	21.8	21.8
2.0%	22.7	22.8

Fuente: *Jairo Narváez G.*

En vista de este resultado se analizaron muestras de 3 distribuidores de bloques de la ciudad de Puyo que presentan una buena comercialización de sus productos.

Tabla 27. Porcentaje de absorción de los bloques comercializados en Puyo

MUESTRA	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE AGUA PROMEDIO (%)
GRUPO 1	22.8
GRUPO 2	23.2
GRUPO 3	22.9
PROMEDIO	23.0

Fuente: *Jairo Narváez G.*

Los bloques fabricados artesanalmente y comercializados en la ciudad de Puyo presentan porcentajes de absorción elevados en comparación a los límites establecidos para esta propiedad. Estos resultados eran esperados al provenir de fábricas artesanales, que no poseen un proceso tecnificado de dosificación ni medidas de control.

4.2.2.2 Peso del elemento

Para el cálculo de cargas en el diseño de losas alivianadas, se estiman un peso por bloque de 8kg, este valor promedio se comprueba en las muestras de control y se

ve disminuido conforme aumenta el contenido de fibra de bagazo, como se aprecia en la Tabla 28.

Tabla 28. Peso de los bloques según el contenido de fibra

CONTENIDO DE FIBRA	PESO DE BLOQUES POR UNIDAD (kg)	
	Fibra Longitud = 1”	Fibra Longitud = 2”
0.0%	8.09	8,09
0.5%	7.72	7,67
1.0%	7,40	6,33
1.5%	6,99	6,74
2.0%	6,68	6,66

Fuente: *Jairo Narváez G.*

Se observa una disminución del peso de los elementos conforme aumenta el contenido de fibra. Esta disminución es mayor para las fibras de 2” de longitud.

4.2.2.3 Resistencia a la Compresión

Para el ensayo a la compresión de los bloques, estos fueron preparados según lo establece el numeral 4 de la norma NTE INEN 640 [36].

Se recubrieron con un mortero de espesor no mayor a 6mm aquellas caras que serían sometidas a compresión (superior e inferior), cuidando que exista paralelismo y realizando el respectivo curado.

Los bloques tanto de control, como aquellos que contenían fibras de bagazo de caña de azúcar de 1” y 2” de longitud, fueron ensayados a los 7, 14 y 28 días de edad, como se detalla en el Anexo 2.5 (pág. 106) y que se resumen en la Tabla 29.

La norma NTE INEN 643 [3] establece una resistencia mínima de 2MPa (20kg/cm^2) para bloques de alivianamiento, a los 28 días de edad.

Tabla 29. Resumen de resultados en los ensayos de resistencia a la compresión de los bloques con bagazo de caña, para 7, 14 y 28 días.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES (kg/cm^2)				
LONGITUD DE FIBRA	**% FIBRA**	**EDAD DE ENSAYO**		
		7 DÍAS	**14 DÍAS**	**28 DÍAS**
1"	0.0%	9.22	15.83	20.80
	0.5%	10.31	17.61	21.61
	1.0%	9.82	15.77	19.43
	1.5%	6.72	10.20	12.58
	2.0%	5.15	8.27	10.50
2"	0.0%	9.22	15.83	20.80
	0.5%	9.65	15.88	19.69
	1.0%	8.41	15.48	16.98
	1.5%	6.13	11.29	12.86
	2.0%	5.19	8.29	10.45

Fuente: *Jairo Narváez G.*

Adicionalmente se ensayaron bloques huecos tradicionales con 28 días de edad, tres dosificaciones adicionales sin fibras para evaluar la influencia de los agregados usados, y también bloques "caramelo" de la misma edad, a fin de contar con valores de referencia en cuanto a la resistencia de los elementos que se utilizan en la construcción en nuestro medio. El resumen de los resultados obtenidos se presenta en la Tabla 30.

Tabla 30. Resumen de resultados de los ensayos realizados a muestras de referencia. Resistencia a la compresión a los 28 días de edad

DESCRIPCIÓN	**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm^2)**
Bloque de Control	20.80
Estándar de fábrica	6.96
Dosificación Adicional 1	17.05
Dosificación Adicional 2	14.02
Dosificación Adicional 3	12.97
Caramelo	3.71

Fuente: *Jairo Narváez G.*

Todos los ensayos de los bloques se realizaron en los Laboratorios de Hormigón de la Facultad de Ingeniería Civil ubicados en el Campus Huachi.

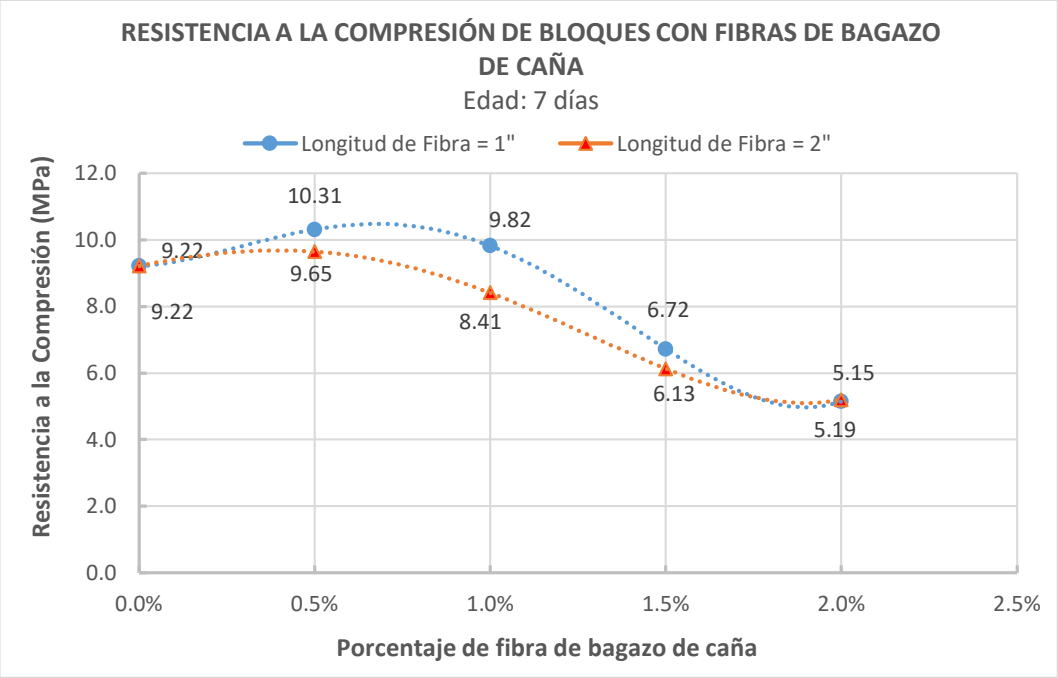
a. Variación en función de la edad

Ensayo a los 7 días de edad

Como se puede apreciar en el **Gráfico 1**, en relación a las muestras de control, para edades tempranas (7 días), para ambas longitudes de fibra, se nota un claro aumento de la resistencia a la compresión en porcentajes de contenido de fibra de bagazo menores al 1% y, por el contrario, la adición de fibras en un porcentaje mayor al 1% ocasiona una pérdida de resistencia, la cual puede ser atribuida a un aumento en la necesidad de agua de mezcla debido al porcentaje de absorción de estas, lo cual conlleva una adición de agua como compensación, lo que deriva en una pérdida de resistencia por el aumento de la relación agua/cemento.

Adicionalmente se aprecia una mayor ganancia en la resistencia a la compresión, para una longitud de fibra de 1" en comparación con los bloques con fibras de 2" de longitud.

***Gráfico 1**. Resistencia a la compresión de bloques. Edad 7 días.*



***Fuente:** Jairo Narváez G.*

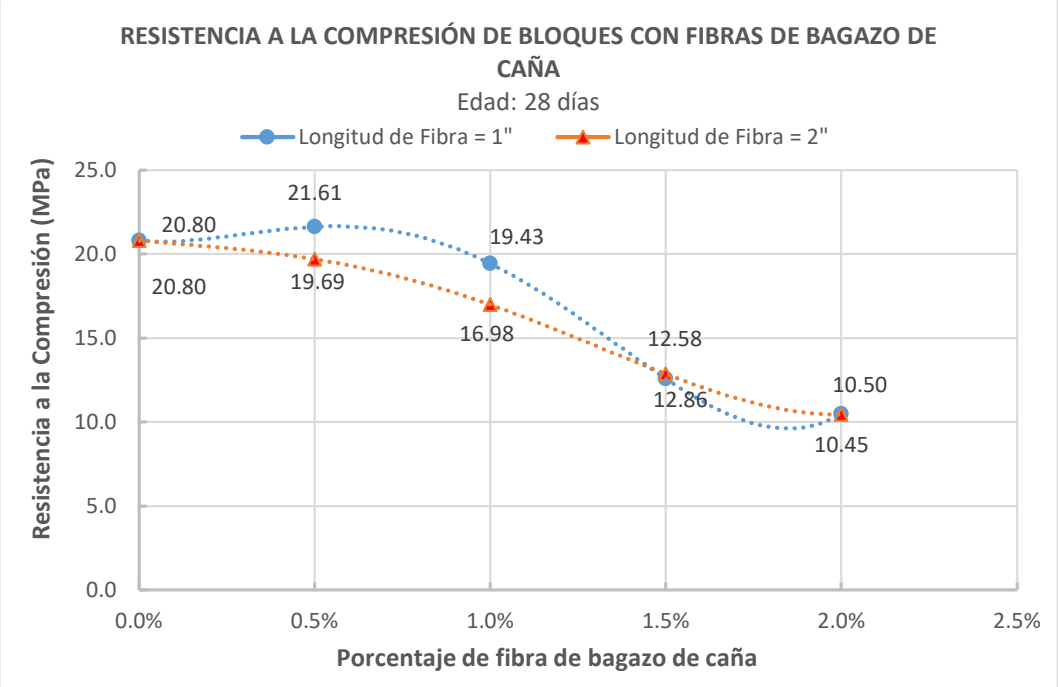
La importancia de los ensayos en edades tempranas para bloques de alivianamiento, reside en el hecho de que en las fábricas se venden bloques a partir de esta edad.

Los valores obtenidos en los ensayos de bloques tradicionales en relación a los bloques con fibra de bagazo adicionada, indican que estos están en condiciones de salir al mercado a edades tempranas.

Ensayo a los 28 días de edad

En el Gráfico 2 se puede observar que la tendencia de aumento y posterior disminución de la resistencia a la compresión de los bloques con fibras de bagazo de caña se mantiene hasta los 28 días. Se observa además que los bloques de control, así como los bloques con porcentajes de fibra menores a 1% para longitudes de 1" cumplen con la resistencia requerida.

***Gráfico 2**. Resistencia a la compresión de bloques. Edad 28 días.*



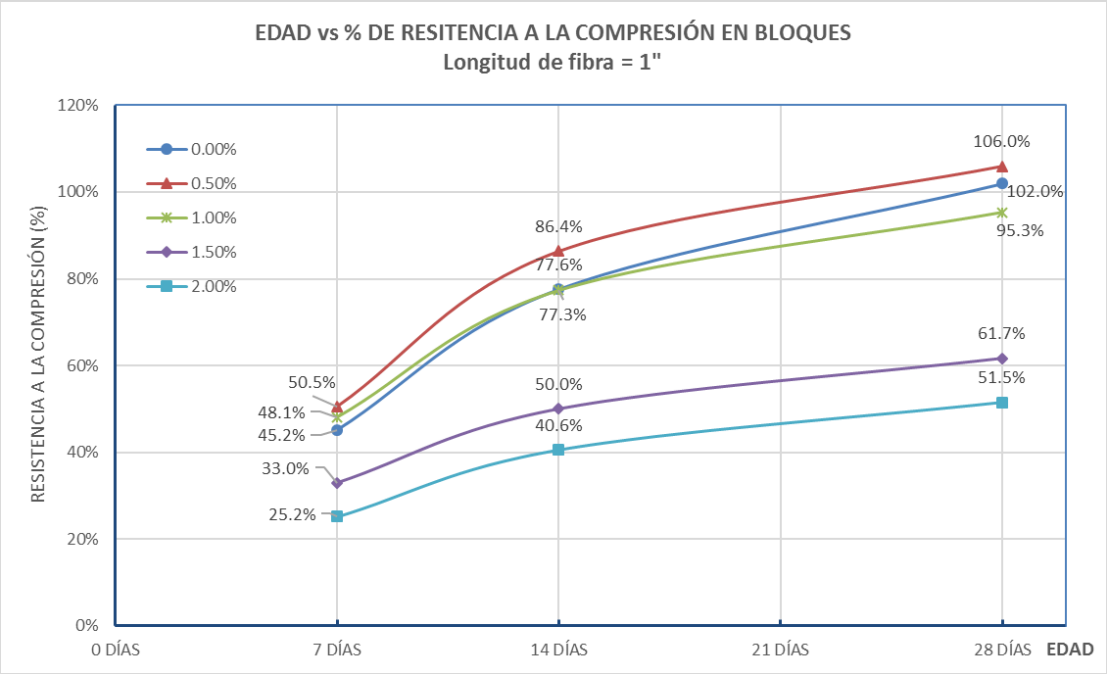
***Fuente:** Jairo Narváez G.*

Si bien no se observan variaciones considerables de resistencia a la compresión en función de las longitudes de fibra para edades tempranas (7 y 14 días), la resistencia a la compresión final (28 días) se ve disminuida entre 10% y 12% para fibras de bagazo de 2" de longitud en relación a los valores obtenidos para bloques con fibras de bagazo de 1" de longitud.

Variación de Resistencia a la compresión en función de la edad

A pesar de incluir un porcentaje considerable de azúcares en la mezcla de hormigón (entre 1.5% y 2,5%), los bloques con bagazo de caña con fibras de 1” de longitud, presentan el comportamiento típico para ganancia de resistencia del hormigón alta ganancia de resistencia en los primeros 15 días de fraguado, ganancia de resistencia media y estabilización de resistencia en los siguientes 15 días, como se muestra en el Gráfico 3.

Gráfico 3. *Edad de los bloques vs. % de resistencia a la compresión. Fibras de 1” de longitud*

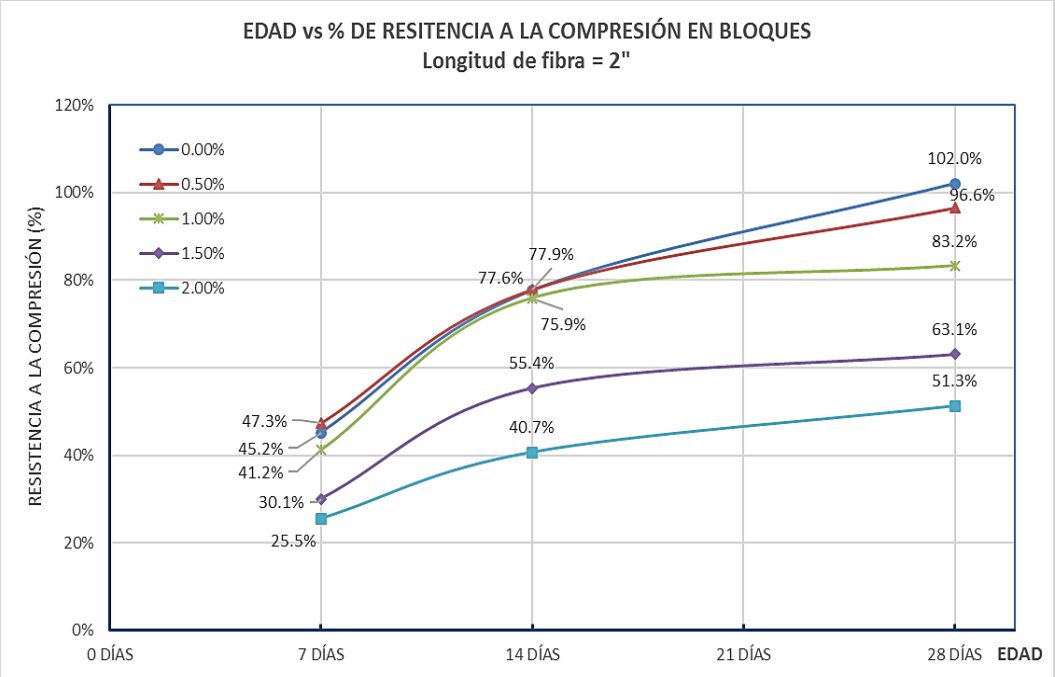


Fuente: *Jairo Narváez G.*

Un comportamiento similar se observa para los bloques con fibras de bagazo de caña de 2” de longitud, los cuales, si bien tienden a ganar un considerable porcentaje de resistencia en los primeros 15 días de fraguado, la misma tiende a estabilizarse con incrementos relativamente mínimos en los siguientes 15 días. Como se observa en el Gráfico 4.

Solamente en una de las dosificaciones con fibra de bagazo de caña (0.5% con fibras de 1” de longitud) se pudo obtener un valor de resistencia superior al de las muestras de control. Así mismo, un porcentaje de 0.5% de fibras de 2” de longitud añadidas a los bloques, alcanzó una resistencia del 96.6%.

Gráfico 4. *Edad de los bloques vs. % de resistencia a la compresión. Fibras de 2" de longitud*



Fuente: *Jairo Narváez G.*

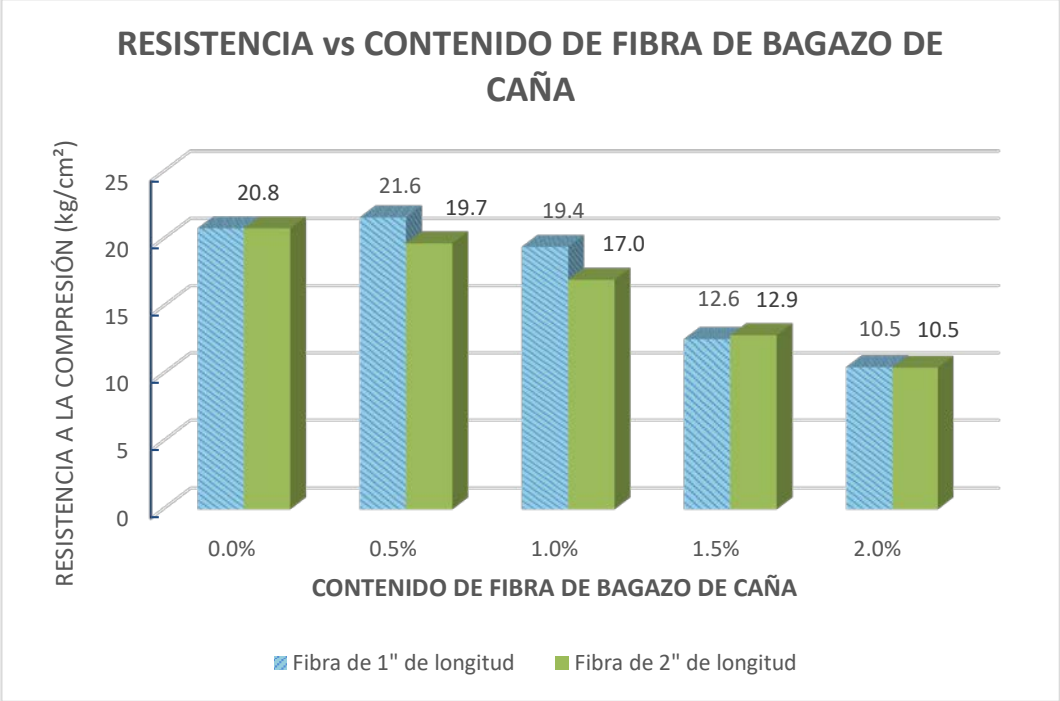
b. Variación en función del contenido de fibra

Aunque no se pudieron apreciar variaciones considerables en la mayoría de los casos en la resistencia a la compresión de los bloques con tamaños diferentes de fibra, si se encontró una clara tendencia a producir mayor resistencia en los bloques con una longitud de fibra de 1".

Se puede deducir que este comportamiento se debe en gran parte a las dimensiones de las paredes de los bloques, las que poseían espesores de 4cm como máximo. Esto generaría dificultad en el ingreso del hormigón con fibras y generaría un porcentaje elevado de vacíos (como se pudo comprobar por el porcentaje de absorción de agua), lo cual afectaría de manera negativa en la resistencia, como se observa en el Gráfico 2.

Este efecto puede ser disminuido empleando mayor tiempo de vibrado durante el proceso de fabricación, cuidando que no se produzca segregación de agregado o exudación del agua de mezclado.

Gráfico 5. *Variación de la Resistencia a la compresión de bloques en función del contenido de fibra*



Fuente: *Jairo Narváez G.*

c. Comparación de la resistencia con bloques tradicionales

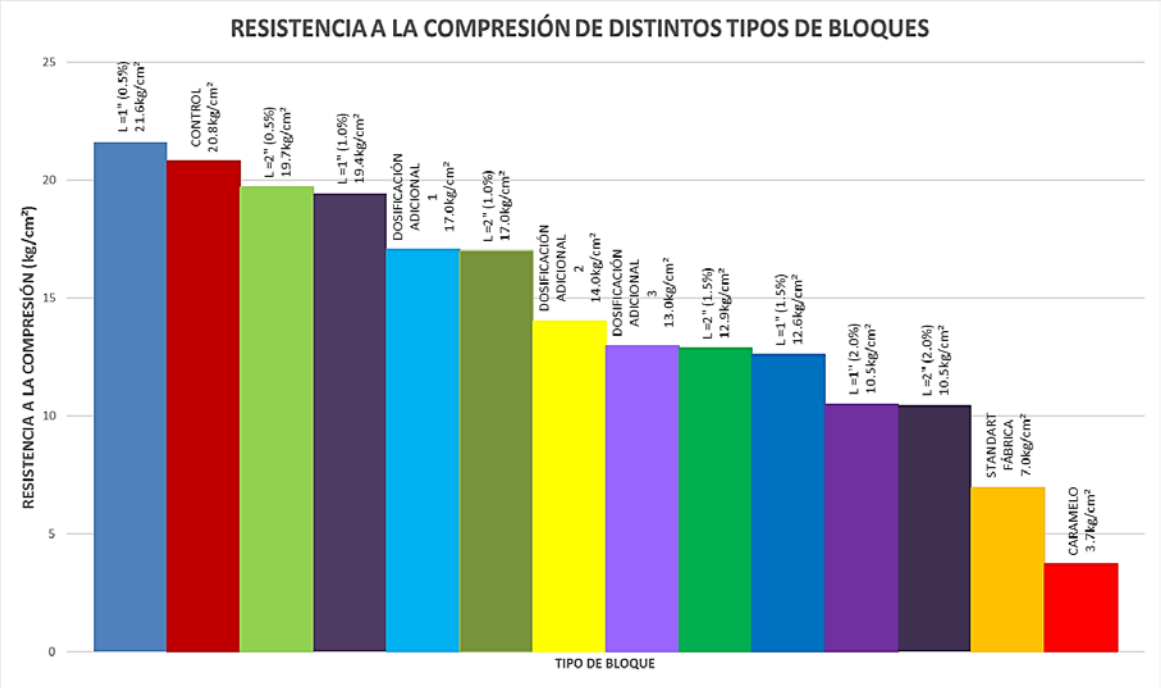
Los ensayos adicionales realizados a muestras tomadas de diferentes fábricas y distribuidores revelaron dos hechos principales:

- Los bloques tradicionales encontrados en el mercado no cumplen con los requisitos de resistencia de la norma ecuatoriana (20kg/cm^2) [3], presentado valores promedio de resistencia a la compresión de 6.96kg/cm^2, como se muestra en la Tabla 30. Por el contrario, los bloques de control, así como los bloques con contenido de fibras entre 0.5% y 1.0% para longitudes de 1”, cumplen con este parámetro, con resistencias promedio de 20.8kg/cm^2, 21.6kg/cm^2 y 19.4kg/cm^2, respectivamente. Además, los bloques con 0.5% de contenido de fibras de 2” de longitud muestran valores de resistencia cercanos a este requisito teniendo un promedio de 19.7kg/cm^2. Todos los demás bloques con fibras de bagazo tanto de 1”, como de 2” de longitud, presentan valores que no cumplen con el requisito de resistencia, sin embargo, estos valores son mayores a los obtenidos en los bloques tradicionales.

- Los bloques “caramelo” que actualmente están ganando preferencia dentro de los constructores para uso como alivianamiento en losas, son los que menor resistencia presentaron con de 3.71kg/cm^2 de resistencia a la compresión. muestra en la Tabla 30

Esto se puede ver reflejado en el Gráfico 6, donde el mayor valor de resistencia a la compresión corresponde a la dosificación con 0.5% de fibras de bagazo de caña de 1” de longitud, seguido por la dosificación de control. Además, se puede notar que las muestras que menor resistencia presentaron fueron los bloques comerciales, tanto los bloques huecos, como los bloques caramelo.

***Gráfico 6**. Resistencia a la compresión de bloques de control, bloques con bagazo de caña adicionado, dosis adicionales y bloques tradicionales.*



***Fuente:** Jairo Narváez G.*

Además, las dosificaciones adicionales, descritas en la Tabla 22, muestran una disminución de resistencia, aunque esta sigue siendo mayor a la de los bloques tradicionales. Este hecho también comprueba que la dosificación del hormigón mediante el método de densidad óptima produce los resultados esperados, aún para hormigones pobres.

Las variaciones de contenido de agregados en los bloques de dosificaciones adicionales influyen negativamente en la resistencia a la compresión en comparación a los bloques de control según los siguientes criterios:

- Si se aumenta arena como ocurre en la Dosis adicional 1, se está aumentando la superficie de agregado que la pasta debe cubrir para cumplir con su función cementante. Dado que no se aumenta la cantidad de pasta, esta es deficiente, produciendo problemas de adherencia. En los elementos ensayados se encontró una disminución del 18% en la resistencia a la compresión.
- Si se aumenta agregado liviano como se hizo en la Dosis adicional 2, se está aumentando la cantidad de partículas débiles dentro de la mezcla, además se produce un aumento en la cantidad de vacíos entre partículas lo cual, no sólo produce disminución de resistencia, sino también aumento en la capacidad de absorción del elemento y posteriores problemas relacionados. En los elementos ensayados se encontró una disminución del 32% en la resistencia a la compresión.
- El aumento de los dos agregados, pómez y arena, usados en la Dosis adicional 3 provocan un aumento en el contenido de pasta en la mezcla, lo que conlleva los problemas mencionados en los dos apartados anteriores, aumento de superficie de agregado y aumento de cantidad de vacíos, así como los efectos de estos. En los elementos ensayados se encontró una disminución del 38% en la resistencia a la compresión debido a dichos efectos.

4.3 Verificación de hipótesis

De acuerdo a los ensayos realizados en laboratorio a los componentes del hormigón y bloques huecos cuya dosificación produce elementos con resistencias de 20kg/cm^2 (2MPa), se observa que la resistencia a compresión de los bloques con fibras de bagazo adicionadas es mayor en comparación con los bloques de control (sin fibra) y mucho mayor que los bloques convencionales (fábrica).

A los 28 días de edad, los bloques convencionales alcanzan una resistencia a la compresión promedio de 6.96kg/cm^2 (34.1%), mientras que los bloques de control (0% de fibra) tuvieron una resistencia de 20.8 kg/cm^2 (102,0%) y los bloques con fibras de bagazo de caña de longitud 1" en proporciones de 0.50%, 1.00%, 1.50% y 2.00% logran resistencias de 21.61kg/cm^2 (106.0%), 19.43kg/cm^2 (95.3%), 12.58kg/cm^2 (61.7%) y 10.50kg/cm^2 (51.5%), respectivamente.

Adicionalmente, los bloques con fibras de bagazo de caña de longitud 2" en proporciones de 0.50%, 1.00%, 1.50% y 2.00% logran resistencias de 19.69kg/cm^2 (96.6%), 16.98kg/cm^2 (83.2%), 12.86kg/cm^2 (63.1%) y 10.45kg/cm^2 (51.3%), respectivamente.

Se verifica que la hipótesis planteada es correcta, pues se comprueba que la adición de fibras de bagazo de caña de azúcar al hormigón para bloques de alivianamiento, aumenta la resistencia a la compresión de estos, así como también modifica las propiedades de trabajabilidad y consistencia de la mezcla. En este caso, se determinó que los bloques presentan una mayor resistencia al adicionar fibra de bagazo de caña de 1" de longitud en una concentración de 0.50%, pues mejoró la resistencia a compresión en un 6% con relación al bloque de control (sin fibra) y un 68% en relación a los bloques convencionales.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Durante la preparación de las fibras

El mejor tratamiento que se puede aplicar a las fibras de bagazo de caña que disminuya el contenido de sacarosa y no cause daños a la estructura de las fibras, en términos de tiempo/efectividad, es el de flujo continuo de agua por 12 horas, el cual disminuyó en más del 73% el contenido de azúcar en el bagazo, lo cual lo convierte en un material adecuado para su uso como agregado orgánico para el hormigón. (Tabla 20)

Durante la fabricación de los bloques

- La homogeneidad de la mezcla se mantuvo adecuada para todos los contenidos de bagazo de caña (entre 0.0% y 2.0%) en longitudes de fibra de 1” y 2”, disminuyendo ligeramente para contenidos mayores al 2%. (Tabla 24)
- Las adiciones de fibras de bagazo de caña disminuyeron visiblemente el alabeo en las superficies de los bloques, esto se atribuye a un aumento de la resistencia a la tensión del hormigón en el cual la adición de fibras proporciona una mejor distribución de esfuerzos.
- Los bloques endurecidos mostraron porcentajes de absorción que varían entre 19.2% y 22.8%, siendo este parámetro directamente proporcional al contenido de bagazo y a la longitud de la fibra.

- Los porcentajes de absorción de los bloques con fibras de bagazo de caña adicionado son mayores al establecido como máximo en la norma ecuatoriana [3] (15%), esto se debe al uso de materiales porosos para su fabricación, tanto el bagazo como la piedra pómez (cascajo, chasqui); así

como una cantidad de vacíos importante del elemento por tener un contenido de pasta bastante bajo. (Tabla 26)

- El aumento en la longitud de la fibra y la adición de mayores concentraciones de fibras de bagazo en la mezcla hace que se propicie la aparición de vacíos y se dificulte el proceso de compactación incluso con el uso de una mesa vibratoria.
- Los bloques fabricados tradicionalmente muestran contenidos de absorción de agua aún mayores que aquellos con fibras de bagazo de caña, principalmente a causa de la falta de control de dosificaciones, calidad de los materiales y cantidad de agua de la mezcla durante el proceso de fabricación. El porcentaje de absorción de agua promedio de bloques huecos comercializados es de 23% aproximadamente. (Tabla 27)
- Considerando que los porcentajes de fibra de bagazo adicionado son bajos en relación al resto del hormigón (2% del peso del cemento), se produce una pérdida de peso considerable en relación a los bloques huecos tradicionales (0,4kg por unidad en promedio).

Durante los ensayos de compresión

- La falla dominante en los bloques se produjo a causa de la falta de adherencia entre el agregado y la pasta, debido principalmente al bajo contenido de esta última, así como a la elevada relación agua/cemento de la mezcla ($w/c = 0.75$).
- Se pudo notar que los bloques continuaban soportando carga incluso después de mostrar fisuras importantes, esto se debe a la interacción entre la matriz y las fibras. Este efecto puede ser explicado desde el punto de vista del anclaje mecánico, en donde las fibras forman puntos de anclaje adicionales que permiten a las mismas tomar los esfuerzos de la matriz y distribuir mejor los esfuerzos, reforzando de cierto modo el hormigón y propiciando un comportamiento dúctil al momento del ensayo.
- La falla final de los elementos se produjo por fisuras en el concreto y posterior rotura de las fibras, así como también por desprendimiento en las

fibras que presentaban corteza, debido a la falta de adherencia de este material y la matriz.

- En cuanto a la ganancia de resistencia a la compresión en función de la edad del elemento, el comportamiento de los bloques huecos con fibras de bagazo adicionadas es similar al del hormigón tradicional: Ganancia rápida de resistencia en edades tempranas, ganancia de resistencia media en edades entre 14 y 28 días y estabilización o ganancia mínima en edades superiores a los 28 días.
- Si bien no se obtuvieron los mismos porcentajes de resistencia que en el hormigón tradicional (85%, 95% y 100% para 7, 14 y 28 días, respectivamente), la tendencia de ganancia de la resistencia de los bloques con bagazo de caña adicionado se puede ver afectada por el contenido de sacarosa aún presente en las fibras y que no pudo ser eliminado en el tratamiento seleccionado. Sin embargo, el porcentaje de azúcar en las fibras no es perjudicial para la resistencia final, obteniéndose la resistencia esperada a los 28 días de edad tanto en las muestras de control (0% de contenido de fibra), como en las de contenido de fibra del 0,5%.
- La resistencia a la compresión se ve afectada positivamente por el incremento del contenido de fibras bagazo en porcentajes menores al 1%, encontrándose valores óptimos entre 0,5% y 0,75% los cuales reportan ganancias de hasta el 6% de resistencia a la compresión en fibras de 1” de longitud.
- La resistencia a la compresión se ve afectada negativamente por el incremento del contenido de fibras bagazo en porcentajes mayores al 1%, siendo inversamente proporcional a este parámetro, reduciendo hasta en un 50% el valor de resistencia en porcentajes del 2% de fibra añadida.
- Se concluye entonces que las fibras de bagazo de caña con longitudes de hasta 1” y en concentraciones del 0,5% al 0,75% son adecuadas para el uso como agregado orgánico en la fabricación de bloques alivianados, encontrándose incrementos en la resistencia a la compresión (6%), diminución de peso por unidad (0,4kg menos por bloque), influencia mínima en las propiedades de trabajabilidad y consistencia, y un mejor comportamiento de los elementos luego del fisuramiento.

5.2 Recomendaciones

- Cuando se realizaron los ensayos de compresión se notaron desprendimientos entre la matriz y las fibras, mayoritariamente en aquellas que poseían corteza, por lo que es recomendable utilizar fibras de bagazo sin corteza.
- De requerirse almacenar las fibras, se debe realizar un secado previo de las mismas. Esto evitará, o al menos retrasará, el proceso natural de descomposición, el cual se ve claramente acelerado por la presencia de humedad en el material. Así mismo, el sitio de almacenamiento debe estar protegido de la lluvia y ser iluminado para evitar la formación de hongos que afecten las propiedades de las fibras.
- Siendo los materiales utilizados en la elaboración de los bloques de carácter poroso, se recomienda humedecer el agregado grueso ligero (chasqui, pómez) y las fibras de bagazo para evitar una pérdida elevada de agua por el proceso de absorción, para esto, se introduce el árido y las fibras en la mitad del agua de mezclado prevista, batiendo durante 30 segundos. Posteriormente se deja reposar unos 15 minutos o más hasta observarse que se detenga la absorción de agua. De no realizarse ente proceso, el agregado y las fibras absorberán el agua de la pasta del cemento disminuyendo su resistencia.
- La mezcla compactada en los moldes de los bloques presenta una cantidad de vacíos importante, los que contribuye a aligerar el peso de los mismos. Sin embargo, esta deficiencia en la compactación ocasiona defectos en las características mecánicas del hormigón ocasionando una protección casi nula a las fibras mismas, por lo que es recomendable, una vez terminado el proceso de curado, evitar el contacto directo con la humedad excesiva.
- Como se vio durante la elaboración de las muestras, se logran mejores propiedades del hormigón fresco con fibras de tamaños menores, por lo que se recomienda el uso de tamaños de 1” y menores, principalmente para bloques huecos, ya que las paredes delgadas de estos, combinadas con fibras

de longitudes de 2” o mayores, generan inconvenientes como inestabilidad de los bloques durante el desmoldado.

- Dado que los bloques alivianados no son elementos estructurales, no soportan cargas menores y no estarán expuestos a agentes intemperizadores, en esta investigación no se ahondó en el tema de la durabilidad de los elementos fabricados; aun así, de requerirse mejorar la durabilidad o vida útil de estos elementos, se plantea el uso de agentes protectores de la fibra, tales como aceite de linaza o parafina los cuales han demostrado mejorar además las propiedades de elementos de hormigón con fibras de agave, lechuguilla y coco, además de reducir la absorción del agua, principalmente con el uso de parafina.
- Un correcto mezclado, así como un tiempo de mezclado adecuado, logra una distribución uniforme de las fibras en la matriz, lo que evita apelmazamientos que afecten la resistencia de los bloques.
- Debido al uso previsto para los bloques que se evaluaron en la elaboración de este documento, los requerimientos que presentaban respecto a las normas de control fueron los menores; sin embargo, el proceso de diseño de la mezcla y posterior fabricación arrojó resultados que cumplían dichos requerimientos, a diferencia de los bloques que se comercializan habitualmente, los cuales no cumplen los límites mínimos o máximos de las normas, según sea el caso. Siendo la fabricación de bloques en nuestro país un proceso prácticamente artesanal, es difícil controlar las cantidades y parámetros como los que se utilizaron en la elaboración de los bloques con fibras de bagazo (peso, contenido de humedad, relación a/c, tiempos de curado, entre otros); sin embargo, no se requiere una gran tecnificación para lograr una mejor calidad de los bloques que salen al mercado. Entre las recomendaciones para el proceso tradicional de fabricación se pueden destacar:
    - **Utilización de agregados libres de impurezas.** En las visitas a las distintas fábricas se pudieron observar agregados con contenidos de materia orgánica (raíces, hojas, excrementos de animales) la cual afecta de manera negativa las propiedades del hormigón.

- **Humedecimiento previo de los agregados livianos.** Debido a la porosidad propia de su estructura, estos tienden a absorber el agua de mezclado, alterando el proceso de fraguado.
- **Mejoras en la calidad de los agregados finos.** En la mayoría de fábricas el agregado fino está constituido únicamente por arena limosa o arcillosa. La sustitución por arena lavada o arena de río, si bien representa un incremento en el valor de los materiales, también se ve reflejada en el incremento de las propiedades mecánicas de los bloques, garantizando la calidad de los mismo.
- **Utilización de recipientes para medición de volúmenes para dosificación.** En general, la dosificación de los agregados se hace por el número de carretillas que se agregan a la mezcladora, dado que esta no es una medida regular (a veces se carga más o menos dependiendo del material) se generan lotes de bloques con propiedades que varían demasiado. Se recomienda el uso de carretillas o moldes con formas más regulares, que permitan una estandarización de volúmenes para logra homogeneidad en los elementos que salen al mercado. Igualmente, un control adecuado de la relación agua/cemento se logra utilizando una cantidad estándar de agua, en contraste con la adición mediante riego con manguera, el cual se usa en algunas fábricas.
- **Uso de aditivos para el hormigón.** Aunque la mezcla que se utiliza para la elaboración de bloques es básicamente un hormigón muy pobre, el uso de aditivos plastificantes y/o acelerantes, pueden mejorar notablemente las propiedades del hormigón fresco y de los bloques endurecidos, sin aumentar significativamente su costo de producción.

Todas estas observaciones si bien pueden constituir un cambio difícil al principio, generarán resultados que permitan la fabricación de elementos que cumplan las exigencias de las normas, sin afectar de forma negativa el beneficio económico que perciben las fábricas.

C.- MATERIALES DE REFERENCIA

1. Bibliografía

[1] INEN, «NET INE 316. Dimensiones Modulares de bloques huecos de Hormigón». Ecuador 1978.

[2] INEN, «NTE INEN 639. Bloques Huecos de Hormigón. Muestreo, Inspección y recepción.». Ecuador 1993.

[3] INEN, «NTE INEN 643. Bloques Huecos de Hormigón. Requisitos». Ecuador 1993.

[4] J. B. Studinka, «Asbestos Substitution in the Fibre Cement Industry,» *The International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete,* vol. 11, nº 2, pp. 73-78, 1989.

[5] ACI Commite 544, «State-of-the-Art on Fiber Reinforcement Concrete,» *ACI Manual of Concrete Parctice,* vol. 5, pp. 544.1R-1 - 544.1R-66, 1998.

[6] ACI Committe 544, «Measurement of Properties of Fiber Reinforced Concrete,» *ACI Manual of Concrete Practice,* vol. 5, pp. 544.2R-1 - 544.2R-11, 1996.

[7] G. Viniegra, «Foro Consultivo,» 10 03 2015. [En línea]. Available: http://www.foroconsultivo.org.mx/eventos_realizados/competitividad_cuatro/ponencias/dr_viniegra.pdf. [Último acceso: 23 05 2016].

[8] K. Bilba, M.-A. Arsene y O. Bilba, «Sugar cane bagasse fibre reinforced cement composites. Part I. Influence of the botanical components of bagasse on the setting ofbagasse/cement composite,» *Cement & COncrete Composites,* vol. 1, nº 25, pp. 91-96, 2003.

[9] J. V. V. Vargas, «Evaluación de la eficiencia alimenticia y económica del bioensilaje de residuos agroindustriales en bovinos de carne.,» ESPOCH, Riobamba, 2005.

[10] E. E. Sera, L. Robles-Austriaco y R. P. Pama, «Natural Fibers as Reinforcement,» *Journal of Ferrocement,* vol. 20, nº 2, pp. 109-124, 1990.

[11] J. A. Osorio Saraz, F. Varón Aristizábal y J. A. Herrera Mejía, «Comportamiento Mecánico del Concreto Reforzado con fibras de Bagazo de Caña de Azúcar,» *Dyna,* vol. 74, nº 173, pp. 69-79, 2007.

[12] L. Yan, «Sustainable Concrete and Structures with Natural Fibre Reinforcements,» *Infrastructure Corrosion and Durability - A Sustainability Study,* vol. 4, nº 1, pp. 3-24, 2014.

[13] A. Neville, Properties of Concrete, Prentice Hall, 2012.

[14] U. d. Chicago, Ingeniería Internacional, Chicago, 2002.

[15] S. Medina, «Ensayo de Materiales II. Apuntes de Clase. FICM. UTA,» Ambato, 2015.

[16] INEN, «NTE INEN 152. Cemento Portland. Requisitos.». Ecuador 2012.

[17] I. G. A. R. L., «Agregados para mortero o concreto,» 2012.

[18] ASTM, «ASTM C1116. Standard Specification for Fiber-Reinforced Concrete». Estados Unidos 2015.

[19] ASTM, «ASTM C33/C33M - 16. Especificación Normalizada para Agregados para Concreto». Estados Unidos Patente 04.02, 2016.

[20] ASTM, «ASTM C125. Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates». Estados Unidos Patente 10.1520/C0125-15B, 2010.

[21] INEN, «NTE INEN 856. Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino». Quito 2010.

[22] INEN, «NTE INEN 862, Áridos para hormigón. Determinación del contenido total de humedad». Quito 2010.

[23] INEN, «NTE INEN 858. Áridos. Determinación de la masa unitaria (peso. volumétrico) y el porcentaje de vacíos». Ecuador 2010.

[24] ASTM, «ASTM E11. Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves». Estados Unidos 2012.

[25] INEN, «NTE INEN 872. Áridos para Hormigón. Requisitos». Ecuador 2011.

[26] L. G. S. Tipantasig, Comportamiento del Hormigón Reforzado con Fibras, Ambato: UTA, 2014.

[27] «EcuRed,» 28 4 2014. [En línea]. Available: https://www.ecured.cu/Piedra_p%C3%B3mez. [Último acceso: 22 10 2016].

[28] J. J. M. a. K. N. Jackson, Glossary of Geology American Geological Institute, Alexandria, Virginia, 2005.

[29] Insignia, «Insignia. Rehabilitación y Arquitectura S.L.,» Universidad Del País Vasco, 2012. [En línea]. Available: http://obrasinsignia.com/blog/fibra-de-carbono-construccion/. [Último acceso: 12 Diciembre 2016].

[30] V. Barros, Diseño de hormigónes con fibras de propileno ára la resistencia a la compresión de 21 y 28 MPa con agregados de la cantera de Pifo., Quito, 2012.

[31] P. JIMÉNEZ MONTOYA, Hormigón Armado., Barcelona, 2001.

[32] ASTM, «ASTM C90. Standard Specification for Loadbearing Concrete Masonry Units». Estados Unidos 1995.

[33] INEN, «NTE INEN 638. Bloques huecos de hormigon. Definiciones, clasificacion y condiciones generales». Ecuador 1993.

[34] R. Caminero, Dosificación de Mezclas, Quito: UCE, 2010.

[35] A. E. Abalaka, "Effects of Sugar on Physical Properties of Ordinary Portland Cement Paste and Concrete," Building Department, Federal University of Technology, Minna, Niger State, Nigeria, 2011.

[36] INEN, «NTE INEN 640. Bloques Huecos de Hormigón. Determinación de la resistencia a la compresión». Ecuador 2009.

2. Anexos

2.1 Análisis de contenido de azúcares antes del tratamiento

Anexo 1. *Análisis de contenido fibra y azúcar en el bagazo de caña antes del tratamiento. Muestra 1. Bagazo con corteza*

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN LAB-CESTTA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL FACULTAD DE CIENCIAS Panamericana Sur Km. 1 1/2 Telefax: (03) 2605-920 • Ext. 169 RIOBAMBA - ECUADOR	ENSAYOS Nº OAE LE 2C 06-008

INFORME DE ENSAYO No:	0894
ST:	10 - 0019 ANÁLISIS DE ALIMENTOS
Nombre Peticionario:	--
Atn.	Sr. Jairo Narváez
Dirección:	Barrio Libertad, Puyo, Pastaza
FECHA:	7 de Noviembre de 2016
NUMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	2016 / 10 / 28 - 10:15
FECHA DE MUESTREO:	2016 / 10 / 25 - 16:30
FECHA DE ANÁLISIS:	2016 / 10 / 28 - 2016 / 11 / 07
TIPO DE MUESTRA:	Bagazo de Caña
CÓDIGO LAB-CESTTA:	LAB-Alm-47-10
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	M2
PUNTO DE MUESTREO:	Puyo
ANÁLISIS SOLICITADO:	Fibra Total, Azúcares Totales
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	Sr. Jairo Narváez
CONDICIONES AMBIENTALES:	T máx.: 25.0°C T min.: 21.0°C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETRO	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
*Fibra	PEE /LAB-CESTTA/103 AOAC/ Gravimétrico	%	21,45	--	--
*Azúcares Totales	PEE/LAB-CESTTA/104 AOAC/ Volumétrico	%	22,42	--	--

OBSERVACIONES:

- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
- Parámetros expresados en base fresca
- Muestra receptada en laboratorio

RESPONSABLES DEL INFORME:

BQF. Ximena Carrión
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL E INSPECCION LAB - CESTTA ESPOCH

Dra. Nancy Veloz M
JEFE DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos de ensayo
MC2201-05

Página 1 de 1

***Anexo 1**. Análisis de contenido fibra y azúcar en el bagazo de caña antes del tratamiento. Muestra 1. Bagazo sin corteza*

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN LAB-CESTTA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL FACULTAD DE CIENCIAS Panamericana Sur Km. 1 1/2 Telefax: (03) 2605-920 • Ext. 169 RIOBAMBA - ECUADOR	ENSAYOS Nº OAE LE 2C 06-008

INFORME DE ENSAYO No:	0894
ST:	10 - 0019 ANÁLISIS DE ALIMENTOS
Nombre Peticionario:	--
Atn.	Sr. Jairo Narváez
Dirección:	Barrio Libertad, Puyo, Pastaza
FECHA:	7 de Noviembre de 2016
NUMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	2016 / 10 / 28 - 10:15
FECHA DE MUESTREO:	2016 / 10 / 25 - 16:30
FECHA DE ANÁLISIS:	2016 / 10 / 28 - 2016 / 11 / 07
TIPO DE MUESTRA:	Bagazo de Caña
CÓDIGO LAB-CESTTA:	LAB-Alm-47-10
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	M1
PUNTO DE MUESTREO:	Puyo
ANÁLISIS SOLICITADO:	Fibra Total, Azúcares Totales
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	Sr. Jairo Narváez
CONDICIONES AMBIENTALES:	T máx.: 25.0°C T min.: 21.0°C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETRO	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
*Fibra	PEE /LAB-CESTTA/103 AOAC/ Gravimétrico	%	18.61	--	--
*Azúcares Totales	PEE/LAB-CESTTA/104 AOAC/ Volumétrico	%	18.17	--	--

OBSERVACIONES:

- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
- Parámetros expresados en base fresca
- Muestra receptada en laboratorio

RESPONSABLES DEL INFORME:

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL E INSPECCION LAB - CESTTA ESPOCH

BQF. Ximena Carrión
RESPONSABLE TÉCNICO

Dra. Nancy Veloz M
JEFE DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos de ensayo
MC2201-05

Anexo 2. *Análisis de contenido fibra y azúcar en el bagazo de caña antes del tratamiento*
Muestra 2. Bagazo sin corteza

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN LAB-CESTTA	**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO** **CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL** **FACULTAD DE CIENCIAS** **Panamericana Sur Km. 1 1/2** **Telefax: (03) 2605-920 • Ext. 169** **RIOBAMBA - ECUADOR**	**ENSAYOS** **Nº OAE LE 2C 06-008**

INFORME DE ENSAYO No:	0894
ST:	10 - 0019 ANÁLISIS DE ALIMENTOS
Nombre Peticionario:	--
Atn.	Sr. Jairo Narváez
Dirección:	Barrio Libertad, Puyo, Pastaza
FECHA:	7 de Noviembre de 2016
NUMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	2016 / 10 / 28 - 10:15
FECHA DE MUESTREO:	2016 / 10 / 25 - 16:30
FECHA DE ANÁLISIS:	2016 / 10 / 28 - 2016 / 11 / 07
TIPO DE MUESTRA:	Bagazo de Caña
CÓDIGO LAB-CESTTA:	LAB-Alm-47-10
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	M3
PUNTO DE MUESTREO:	Puyo
ANÁLISIS SOLICITADO:	Fibra Total, Azúcares Totales
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	Sr. Jairo Narváez
CONDICIONES AMBIENTALES:	T máx.: 25.0°C T min.: 21.0°C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETRO	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
*Fibra	PEE /LAB-CESTTA/103 AOAC/ Gravimétrico	%	16.25	--	--
*Azúcares Totales	PEE/LAB-CESTTA/104 AOAC/ Volumétrico	%	25.42	--	--

OBSERVACIONES:

- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
- Parámetros expresados en base fresca
- Muestra receptada en laboratorio

RESPONSABLES DEL INFORME:

BQF. Ximena Carrión
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL E INSPECCION LAB - CESTTA ESPOCH

Dra. Nancy Veloz M
JEFE DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos de ensayo

MC2201-05

2.2 Análisis de contenido de azúcares después del tratamiento

***Anexo 2**. Análisis de contenido de azúcar en el bagazo de caña después del tratamiento.*

Muestra 1. Tratamiento con cal

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN LAB-CESTTA	**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO** **CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL** **FACULTAD DE CIENCIAS** **Panamericana Sur Km. 1½** **Teléfono: (03) 2 998232** **RIOBAMBA - ECUADOR**	**ENSAYOS** **No. OAE LE 2C 06-008**

INFORME DE ENSAYO No:	1349
ST:	10 - 0019 ANÁLISIS DE ALIMENTOS
Nombre Peticionario:	--
Atn.	Sr. Jairo Narváez
Dirección:	Barrio Libertad, Puyo, Pastaza
FECHA:	7 de Noviembre de 2016
NUMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	2016 / 10 / 28 - 10:15
FECHA DE MUESTREO:	2016 / 10 / 25 - 16:30
FECHA DE ANÁLISIS:	2016 / 10 / 28 - 2016 / 11 / 07
TIPO DE MUESTRA:	Bagazo de Caña
CÓDIGO LAB-CESTTA:	LAB-Alm-88-16
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	Muestra 1
PUNTO DE MUESTREO:	Puyo
ANÁLISIS SOLICITADO:	Fibra Total, Azúcares Totales
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	Sr. Jairo Narváez
CONDICIONES AMBIENTALES:	T máx.: 25.0°C T min.: 21.0°C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETRO	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
*Azúcares Totales	PEE/LAB-CESTTA/105 AOAC/ Volumétrico	%	6,07	--	--

OBSERVACIONES:

- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
- Parámetros expresados en base fresca
- Muestra receptada en laboratorio

RESPONSABLES DEL INFORME:

BQF. Ximena Carrión
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL E INSPECCION LAB - CESTTA ESPOCH

Dra. Nancy Veloz M
JEFE DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos de ensayo

MC2201-05

Anexo 3. *Análisis de contenido de azúcar en el bagazo después del tratamiento. Muestra 2. Flujo continuo de agua por 12 horas.*

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN LAB-CESTTA	**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO** **CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL** **FACULTAD DE CIENCIAS** **Panamericana Sur Km. 1½** **Teléfono: (03) 2 998232** **RIOBAMBA - ECUADOR**	**ENSAYOS** **No. OAE LE 2C 06-008**

INFORME DE ENSAYO No:	1349
ST:	10 - 0019 ANÁLISIS DE ALIMENTOS
Nombre Peticionario:	--
Atn.	Sr. Jairo Narváez
Dirección:	Barrio Libertad, Puyo, Pastaza
FECHA:	7 de Noviembre de 2016
NUMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	2016 / 10 / 28 - 10:15
FECHA DE MUESTREO:	2016 / 10 / 25 - 16:30
FECHA DE ANÁLISIS:	2016 / 10 / 28 - 2016 / 11 / 07
TIPO DE MUESTRA:	Bagazo de Caña
CÓDIGO LAB-CESTTA:	LAB-Alm-88-16
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	Muestra 2
PUNTO DE MUESTREO:	Puyo
ANÁLISIS SOLICITADO:	Fibra Total, Azúcares Totales
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	Sr. Jairo Narváez
CONDICIONES AMBIENTALES:	T máx.: 25.0°C T min.: 21.0°C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETRO	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
*Azúcares Totales	PEE/LAB-CESTTA/105 AOAC/ Volumétrico	%	5.68	--	--

OBSERVACIONES:

- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
- Parámetros expresados en base fresca
- Muestra receptada en laboratorio

RESPONSABLES DEL INFORME:

BQF. Ximena Carrión
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL E INSPECCION LAB - CESTTA ESPOCH

Dra. Nancy Veloz M
JEFE DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos de ensayo

MC2201-05

***Anexo 4**. Análisis de contenido de azúcar en el bagazo después del tratamiento. Muestra 3. Flujo continuo de agua por 6 horas.*

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN LAB-CESTTA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL FACULTAD DE CIENCIAS Panamericana Sur Km. 1½ Teléfono: (03) 2 998232 RIOBAMBA - ECUADOR	ENSAYOS No. OAE LE 2C 06-008

INFORME DE ENSAYO No:	1349
ST:	10 - 0019 ANÁLISIS DE ALIMENTOS
Nombre Peticionario:	--
Atn.	Sr. Jairo Narváez
Dirección:	Barrio Libertad, Puyo, Pastaza
FECHA:	7 de Noviembre de 2016
NUMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	2016 / 10 / 28 - 10:15
FECHA DE MUESTREO:	2016 / 10 / 25 - 16:30
FECHA DE ANÁLISIS:	2016 / 10 / 28 - 2016 / 11 / 07
TIPO DE MUESTRA:	Bagazo de Caña
CÓDIGO LAB-CESTTA:	LAB-Alm-88-16
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	Muestra 3
PUNTO DE MUESTREO:	Puyo
ANÁLISIS SOLICITADO:	Fibra Total, Azúcares Totales
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	Sr. Jairo Narváez
CONDICIONES AMBIENTALES:	T máx.: 25.0°C T min.: 21.0°C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETRO	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
*Azúcares Totales	PEE/LAB-CESTTA/105 AOAC/ Volumétrico	%	5.81	--	--

OBSERVACIONES:

- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
- Parámetros expresados en base fresca
- Muestra receptada en laboratorio

RESPONSABLES DEL INFORME:

BQF. Ximena Carrión
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL E INSPECCION LAB - CESTTA ESPOCH

Dra. Nancy Veloz M
JEFE DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos de ensayo

MC2201-05

***Anexo 5**. Análisis de contenido de azúcar en el bagazo después del tratamiento. Muestra 4. Flujo continuo de agua por 24 horas.*

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN LAB-CESTTA	**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO** **CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL** **FACULTAD DE CIENCIAS** **Panamericana Sur Km. 1½** **Teléfono: (03) 2 998232** **RIOBAMBA - ECUADOR**	**ENSAYOS** **No. OAE LE 2C 06-008**

INFORME DE ENSAYO No:	1349
ST:	10 - 0019 ANÁLISIS DE ALIMENTOS
Nombre Peticionario:	--
Atn.	Sr. Jairo Narváez
Dirección:	Barrio Libertad, Puyo, Pastaza
FECHA:	7 de Noviembre de 2016
NUMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	2016 / 10 / 28 - 10:15
FECHA DE MUESTREO:	2016 / 10 / 25 - 16:30
FECHA DE ANÁLISIS:	2016 / 10 / 28 - 2016 / 11 / 07
TIPO DE MUESTRA:	Bagazo de Caña
CÓDIGO LAB-CESTTA:	LAB-Alm-88-16
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	Muestra 4
PUNTO DE MUESTREO:	Puyo
ANÁLISIS SOLICITADO:	Fibra Total, Azúcares Totales
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	Sr. Jairo Narváez
CONDICIONES AMBIENTALES:	T máx.: 25.0°C T min.: 21.0°C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETRO	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
*Azúcares Totales	PEE/LAB-CESTTA/105 AOAC/ Volumétrico	%	5.59	--	--

OBSERVACIONES:

- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
- Parámetros expresados en base fresca
- Muestra receptada en laboratorio

RESPONSABLES DEL INFORME:

BQF. Ximena Carrión
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL E INSPECCION LAB - CESTTA ESPOCH

Dra. Nancy Veloz M
JEFE DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos de ensayo

MC2201-05

2.3 Ensayos realizados a los agregados

Tabla 31. Densidad suelta de agregados fino, liviano y grueso.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO AGREGADO ORGÁNICO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES PARA MAMPOSTERÍA LIVIANA				
PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO				
ORIGEN:	Planta de Trituración Zúñiga			
ENSAYADO POR:	Jairo A. Narváez	**FECHA:**	7/11/2016	
NORMA:	INEN 858			
MASA RECIPIENTE:	7598,00 g			
VOLUMEN DEL RECIPIENTE:	12248,00 cm³			
AGREGADO	**AGREGADO + RECIPIENTE [g]**	**AGREGADO [g]**	**PESO UNITARIO [g/cm³]**	**PESO UNITARIO PROMEDIO [g/cm³]**
GRUESO	26793	19195,00 g	1,567	1,5683
	26821	19223,00 g	1,569	
LIVIANO	18264	10666,00 g	0,871	0,8818
	18532	10934,00 g	0,893	
FINO	26562	18964,00 g	1,548	1,5556
	26739	19141,00 g	1,563	

Fuente: *Jairo Narváez G.*

Tabla 32. Densidad compactada de agregados fino, liviano y grueso.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO AGREGADO ORGÁNICO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES PARA MAMPOSTERÍA LIVIANA				
PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO				
ORIGEN:	Planta de Trituración Zúñiga			
ENSAYADO POR:	Jairo A. Narváez	**FECHA:**	7/11/2016	
NORMA:	INEN 858			
MASA RECIPIENTE:	7598,00 g			
VOLUMEN DEL RECIPIENTE:	12248,00 cm³			
AGREGADO	**AGREGADO + RECIPIENTE [g]**	**AGREGADO [g]**	**PESO UNITARIO [g/cm3]**	**PESO UNITARIO PROMEDIO [g/cm3]**
GRUESO	28854	21256,00 g	1,735	1,7382
	28920	21322,00 g	1,741	
LIVIANO	24847	17249,00 g	1,408	1,4212
	25162	17564,00 g	1,434	
FINO	28455	20857,00 g	1,703	1,6994
	28369	20771,00 g	1,696	

Fuente: *Jairo Narváez G.*

Tabla 33. Porcentaje óptimo de mezcla de agregados para hormigón (Arena y ripio)

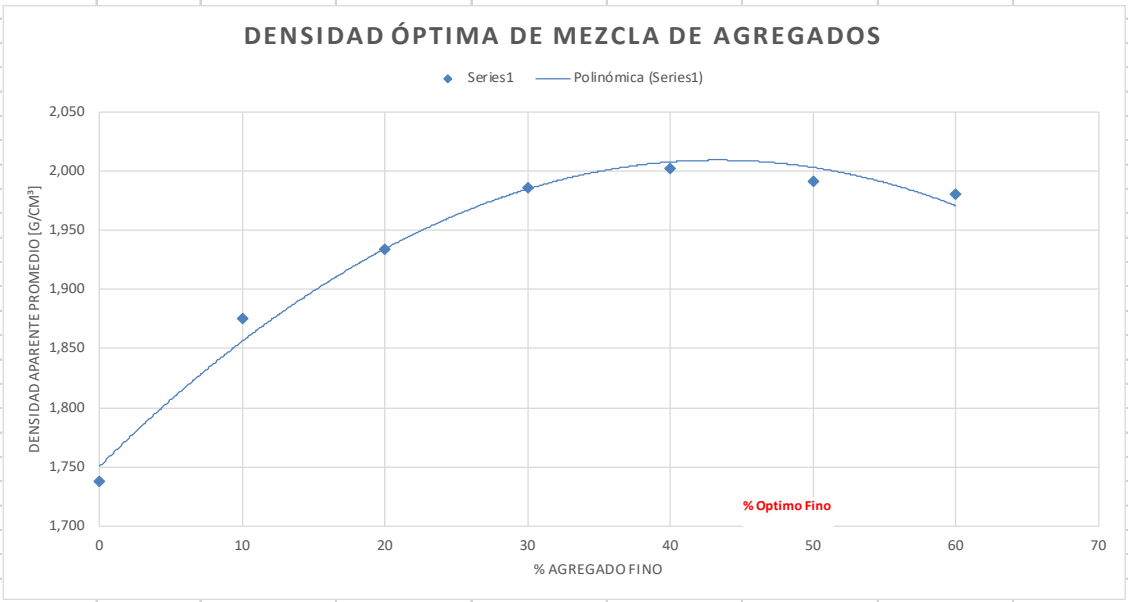
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO AGREGADO ORGÁNICO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES PARA MAMPOSTERÍA LIVIANA

PESO UNITARIO COMPACTADO DE LA MEZCLA

ORIGEN:	Planta de Trituración Zúñiga		
ENSAYADO POR:	Jairo A. Narváez	**FECHA:**	7/11/2016
NORMA:	INEN 858		
MASA RECIPIENTE	7598,00 g		
VOLUMEN RECIPIEN	12248,00 cm³		

% MEZCLA		CANTIDAD [g]		FINO AÑADIDO [g]	AGREGADO + RECIPIENTE [g]	AGREGADO [g]	PESO UNITARIO MEZCLA [g/cm³]	PESO UNITARIO PROMEDIO [g/cm³]
Ripio	Arena	Ripio	Arena	Arena	AGREGADO FINO + AGREGADO GRUESO			
100	0	40000	0,00	0,00	28854,0	21256	1,735	1,738
					28920,0	21322	1,741	
90	10	40000	4444,44	4444,44	31008,0	23410	1,911	1,875
					30121,0	22523	1,839	
80	20	40000	10000,00	5555,56	31163,0	23565	1,924	1,934
					31403,0	23805	1,944	
70	30	40000	17142,86	7142,86	31974,0	24376	1,990	1,986
					31873,0	24275	1,982	
60	40	40000	26666,67	9523,81	32121,0	24523	2,002	2,002
					32123,0	24525	2,002	
50	50	40000	40000,00	13333,33	31946,0	24348	1,988	1,991
					32018,0	24420	1,994	
40	60	40000	60000,00	20000,00	31974,0	24376	1,990	1,981
					31740,0	24142	1,971	



PORCENTAJE ÓPTIMO DE AGREGADO FINO	43	[%]
PORCENTAJE ÓPTIMO DE AGREGADO GRUESO	57	[%]
PESO UNITARIO ÓPTIMO	2,007	[g/cm³]

Fuente: *Jairo Narváez G.*

Tabla 34. Densidad Real del Cemento

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO AGREGADO ORGÁNICO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES PARA MAMPOSTERÍA LIVIANA				
DENSIDAD REAL DEL CEMENTO				
ORIGEN:	Cemento Holcim (Rocafuerte)			
ENSAYADO POR:	Jairo A. Narváez	**FECHA:**	8/11/2016	
DATOS	**CORRESPONDENCIA**	**UNIDAD**	**M1**	**M2**
M1	MASA DEL PICNÓMETRO	**g**	190,9	190,3
M2	MASA DEL PICNÓMETRO + CEMENTO	**g**	355,4	360,1
M3	MASA DEL PICNÓMETRO + CEMENTO + GASOLINA	**g**	683,0	685,8
M4 = M3 - M2	MASA GASOLINA AÑADIDA	**g**	327,6	325,7
M5	MASA DEL PICNÓMETRO + 500 cm3 GASOLINA	**g**	559,8	558,7
M6 = M5 - M1	MASA 500 cm3 GASOLINA	**g**	368,9	368,4
DG = M6 / 500	DENSIDAD DE LA GASOLINA	**g/cm³**	0,738	0,737
M7 = M6 - M4	MASA GASOLINA DESALOJADA POR EL CEMENTO	**g**	41,3	42,7
MC = M2 - M1	MASA DE CEMENTO	**g**	164,5	169,8
VG = M7 / DG	VOLUMEN DE GASOLINA DESALOJADA	**cm³**	55,98	57,95
DRC = MC/VG	DENSIDAD REAL DEL CEMENTO	**g/cm³**	2,939	2,930
= (DRC1 + DRC2) /	DENSIDAD REAL PROMEDIO DEL CEMENTO	**g/cm³**	2,934	

Fuente: *Jairo Narváez G.*

Tabla 35. Dosificación del hormigón para bloques de alivianamiento

f'c = 20kg/cm²

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO AGREGADO ORGÁNICO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES PARA MAMPOSTERÍA LIVIANA

DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN MÉTODO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA

ORIGEN:	Planta de Trituración Zúñiga				
REALIZADO POI	Jairo A. Narváez		**DATOS DE TABLAS**		
FECHA:	12/11/2016		**w / c**		0.77
DATOS DE ENSAYO			**CP en %**		%POV +2% + 6%POV
f'c	20	kg/cm²	**CÁLCULOS**		
Asentamiento	4	cm	DRAg	2.506	kg/dm³
DRC	2.934	g/cm³	POV	14.208	%
DRA	2.688	g/cm³	CP	170.605	dm³
DRPz	2.385	g/cm³	C	153.588	kg
POA	40	%	W	118.263	lts
POPz	60	%	A	891.851	kg
DOMAg	2.150	g/cm³	Pz	1186.664	kg

DOSIFICACIÓN AL PESO

MATERIAL	CANTIDAD EN (kg) POR CADA m³ DE HORMIGÓN	DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD EN (kg) POR SACO DE CEMENTO	VOLÚMENES APARENTES	DOSIFICACIÓN AL VOLÚMEN	CANTIDAD EN (kg) PARA 90 BLOQUES
W	118.263	0.77	38.50	118.26	0.76	58.9
C	153.588	1.00	50.00	155.93	1.00	76.5
A	891.851	5.81	290.34	524.81	3.37	444.0
Pz	1186.664	7.73	386.31	834.99	5.36	590.7
TOTAL	2365.669	**kg/m³ (Densidad del Hormigón)**				

NOTA:	Bloque Nominal de 40 x 20 x 15 (cm)
VOLÚMEN BLOQUE:	**0.0055 m³**

NOMENCLATURA

DRC	Densidad Real del Cemento	POV	Porcentaje Óptimo de Vacíos
DRA	Densidad Real de la Arena	CP	Cantidad de Pasta
DRR	Densidad Real del Cascajo	C	Cantidad de Cemento
POA	Porcentaje Óptimo Arena	W	Cantidad de Agua
POPz	Porcentaje Óptimo Cascajo	A	Cantidad de Arena
DOMAg	Densidad Óptima de la mezcla	Pz	Cantidad de Pómez (cascajo)
w / c	Relación Agua/Cemento	C.A.	Capacidad de Absorción
CP en %	Porcentaje de Cantidad de Pasta	C.H.	Contenido de Humedad 24 h. antes
DRAg	Densidad Real de la mezcla		

Fuente: *Jairo Narváez G.*

2.4 Ensayos realizados al hormigón fresco

Tabla 36. Determinación de las propiedades del hormigón fresco y de los bloques endurecidos con fibra de bagazo de 1” de longitud

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL																
DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO AGREGADO ORGÁNICO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES PARA MAMPOSTERÍA LIVIANA																
PROPIEDADES DEL HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO EN BLOQUES DE MAMPOSTERÍA LIVIANA																
ORIGEN:		Agregados: Planta de Trituración Zúñiga y Fábrica de bloques Baños. Bagazo: Puyo										**NORMA**	INEN NTE 638			
REALIZADO POR:		Jairo A. Narváez						**MEDIDAS DEL BLOQUE**		40cm x 20cm x 15cm		**MEDIDAS HUECOS**		10cm x 11.5cm x 17cm		
PROBETA N°	**% DE FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR DE LONGITUD 1"**	**FECHA DE ELABORACIÓN**	**PESO BLOQUE SECO [kg]**	**PESO BLOQUE SECO PROMEDIO [kg]**	**PESO BLOQUE SATURADO [kg]**	**VOLÚMEN DE AGUA [cm³]**	**% ABSORCIÓN PROMEDIO**	**VOLUMEN TOTAL DEL BLOQUE [cm³]**	**VOLUMEN REAL DEL BLOQUE [cm³]**	**TRABAJABILIDAD**	**CONSISTENCIA [cm]**	**HOMOGENEIDAD**	**DENSIDAD REAL [g/cm³]**	**DENSIDAD REAL MEDIA [g/cm³]**	**DENSIDAD APARENTE [g/cm³]**	**DENSIDAD APARENTE MEDIA [g/cm³]**
1	0,00	16/12/2016	8,32	8,09	9,85	1530,0	19,2%	12000	4605	BUENA	6,0	BUENA	1,81	1,76	0,69	0,67
2			7,99		9,55	1560,0		12000	4575				1,75		0,67	
3			7,95		9,51	1560,0		12000	4575				1,74		0,66	
4	0,50	16/12/2016	7,74	7,72	9,27	1530,0	19,3%	12000	4605	BUENA	5,5	BUENA	1,68	1,66	0,65	0,64
5			7,65		9,20	1550,0		12000	4585				1,67		0,64	
6			7,78		9,16	1380,0		12000	4755				1,64		0,65	
7	1,00	16/12/2016	7,53	7,40	8,94	1410,0	19,8%	12000	4725	MEDIA	4,0	BUENA	1,59	1,58	0,63	0,62
8			7,32		8,76	1440,0		12000	4695				1,56		0,61	
9			7,36		8,90	1540,0		12000	4595				1,60		0,61	
10	1,50	16/12/2016	7,14	6,99	8,52	1380,0	21,8%	12000	4755	MEDIA	3,0	BUENA	1,50	1,51	0,60	0,58
11			6,87		8,39	1520,0		12000	4615				1,49		0,57	
12			6,95		8,61	1660,0		12000	4475				1,55		0,58	
13	2,00	16/12/2016	6,82	6,68	8,20	1380,0	23,0%	12000	4755	MALA	2,5	MEDIA	1,43	1,45	0,57	0,56
14			6,64		8,17	1530,0		12000	4605				1,44		0,55	
15			6,58		8,28	1700,0		12000	4435				1,48		0,55	

Fuente: *Jairo Narváez G.*

Tabla 37. Determinación de las propiedades del hormigón fresco y de los bloques endurecidos con fibra de bagazo de 2” de longitud

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO AGREGADO ORGÁNICO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES PARA MAMPOSTERÍA LIVIANA

PROPIEDADES DEL HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO EN BLOQUES DE MAMPOSTERÍA LIVIANA

ORIGEN:		Agregados: Planta de Trituración Zúñiga y Fábrica de bloques Baños. Bagazo: Puyo										**NORMA**	INEN NTE 638			
REALIZADO POR:		Jairo A. Narváez						**MEDIDAS DEL BLOQUE**		40cm x 20cm x 15cm		**MEDIDAS HUECOS**		10cm x 11.5cm x 17cm		
PROBETA N°	**% DE FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR DE LONGITUD 2"**	**FECHA DE ELABORACIÓN**	**PESO BLOQUE SECO [kg]**	**PESO BLOQUE SECO PROMEDIO [kg]**	**PESO BLOQUE SATURADO [kg]**	**VOLÚMEN DE AGUA [cm³]**	**% ABSORCIÓN PROMEDIO**	**VOLUMEN TOTAL DEL BLOQUE [cm³]**	**VOLUMEN REAL DEL BLOQUE [cm³]**	**TRABAJABILIDAD**	**CONSISTENCIA [cm]**	**HOMOGENEIDAD**	**DENSIDAD REAL [g/cm³]**	**DENSIDAD REAL MEDIA [g/cm³]**	**DENSIDAD APARENTE [g/cm³]**	**DENSIDAD APARENTE MEDIA [g/cm³]**
1	0,00	16/12/2016	8,32	8,09	9,85	1530,0	19,2%	12000	4605	BUENA	6,0	BUENA	1,81	1,76	0,69	0,67
2			7,99		9,55	1560,0		12000	4575				1,75		0,67	
3			7,95		9,51	1560,0		12000	4575				1,74		0,66	
4	0,50	16/12/2016	7,76	7,67	9,21	1450,0	20,0%	12000	4685	MEDIA	5,0	BUENA	1,66	1,67	0,65	0,64
5			7,60		9,18	1580,0		12000	4555				1,67		0,63	
6			7,65		9,22	1570,0		12000	4565				1,68		0,64	
7	1,00	16/12/2016	7,45	7,33	8,86	1410,0	20,8%	12000	4725	MEDIA	4,0	BUENA	1,58	1,59	0,62	0,61
8			7,24		8,89	1650,0		12000	4485				1,61		0,60	
9			7,30		8,82	1520,0		12000	4615				1,58		0,61	
10	1,50	16/12/2016	6,55	6,74	8,44	1890,0	24,9%	12000	4245	MALA	2,5	BUENA	1,54	1,51	0,55	0,56
11			6,80		8,31	1510,0		12000	4625				1,47		0,57	
12			6,88		8,50	1620,0		12000	4515				1,52		0,57	
13	2,00	16/12/2016	6,72	6,66	8,17	1450,0	22,8%	12000	4685	MALA	1,5	MEDIA	1,43	1,44	0,56	0,56
14			6,57		8,18	1610,0		12000	4525				1,45		0,55	
15			6,70		8,19	1490,0		12000	4645				1,44		0,56	

Fuente: *Jairo Narváez G.*

2.5 Ensayos realizados a los bloques endurecidos

Tabla 38. Resistencia a la compresión de bloques adicionados con fibra de bagazo de caña de 1" de longitud a los 7 días de edad.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO AGREGADO ORGÁNICO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES PARA MAMPOSTERÍA LIVIANA

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES HUECOS A LOS 7 DÍAS DE EDAD

ORIGEN:		Agregados: Planta de Trituración Zúñiga y Fábrica de bloques Baños. Bagazo: Puyo							**FECHA DE ENSAYO:**		23/12/2016
REALIZADO POR:		Jairo A. Narváez					**NORMA**		**INEN NTE 640**		
PROBETA N°	**% DE FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR DE LONGITUD 1"**	**FECHA DE ELABORACIÓN**	**LONGITUD (mm)**	**ALTURA (mm)**	**ESPESOR (mm)**	**SUPERFICIE BRUTA (mm²)**	**CARGA (N)**	**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)**	**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PORMEDIO (MPa)**	**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm²)**	**% RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 28 DÍAS DE EDAD (2MPa)**
1	0.0%	16/12/2016	399	197	150	59,850	54520.00	0.91	0.90	9.22	45.2%
2			397	198	149	59,153	55020.00	0.93			
3			399	198	150	59,850	52120.00	0.87			
4	0.5%	16/12/2016	400	198	149	59,600	65820.00	1.10	1.01	10.31	50.5%
5			398	198	149	59,302	60420.00	1.02			
6			399	198	148	59,052	53720.00	0.91			
7	1.0%	16/12/2016	399	197	149	59,451	56720.00	0.95	0.96	9.82	48.1%
8			398	198	148	58,904	57820.00	0.98			
9			395	197	148	58,460	55720.00	0.95			
10	1.5%	16/12/2016	399	198	149	59,451	39720.00	0.67	0.66	6.72	33.0%
11			398	197	149	59,302	34920.00	0.59			
12			397	197	149	59,153	42620.00	0.72			
13	2.0%	16/12/2016	397	197	148	58,756	29420.00	0.50	0.50	5.15	25.2%
14			398	198	148	58,904	30720.00	0.52			
15			397	197	149	59,153	29120.00	0.49			

Fuente: *Jairo Narváez G.*

Tabla 39. Resistencia a la compresión de bloques adicionados con fibra de bagazo de caña de 2" de longitud a los 7 días de edad.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO AGREGADO ORGÁNICO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES PARA MAMPOSTERÍA LIVIANA

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES HUECOS A LOS 7 DÍAS DE EDAD

ORIGEN:		Agregados: y Fábrica de bloques Baños. Bagazo: Puyo							**FECHA DE ENSAYO:**		23/12/2016
REALIZADO POR:		Jairo A. Narváez					**NORMA**		**INEN NTE 640**		
PROBETA N°	**% DE FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR DE LONGITUD 2"**	**FECHA DE ELABORACIÓN**	**LONGITUD (mm)**	**ALTURA (mm)**	**ESPESOR (mm)**	**SUPERFICIE BRUTA (mm²)**	**CARGA (N)**	**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)**	**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PORMEDIO (MPa)**	**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm²)**	**% RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 28 DÍAS DE EDAD (2MPa)**
1	0.0%	16/12/2016	399	197	150	59,850	54520.00	0.91	0.90	9.22	45.2%
2			397	198	149	59,153	55020.00	0.93			
3			399	198	150	59,850	52120.00	0.87			
4	0.5%	16/12/2016	396	196	148	58,608	60420.00	1.03	0.95	9.65	47.3%
5			398	195	146	58,108	53720.00	0.92			
6			398	196	146	58,108	51320.00	0.88			
7	1.0%	16/12/2016	397	197	148	58,756	52720.00	0.90	0.82	8.41	41.2%
8			396	198	147	58,212	51720.00	0.89			
9			396	196	146	57,816	39720.00	0.69			
10	1.5%	16/12/2016	395	195	149	58,855	34920.00	0.59	0.60	6.13	30.1%
11			396	198	149	59,004	34620.00	0.59			
12			395	197	148	58,460	36420.00	0.62			
13	2.0%	16/12/2016	396	198	146	57,816	30720.00	0.53	0.51	5.19	25.5%
14			398	199	147	58,506	28120.00	0.48			
15			397	197	145	57,565	29720.00	0.52			

Fuente: *Jairo Narváez G.*

Tabla 40. Resistencia a la compresión de bloques adicionados con fibra de bagazo de caña de 1" de longitud a los 14 días de edad.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO AGREGADO ORGÁNICO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES PARA MAMPOSTERÍA LIVIANA

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES HUECOS A LOS 14 DÍAS DE EDAD

ORIGEN:		Agregados: Planta de Trituración Zúñiga y Fábrica de bloques Baños. Bagazo: Puyo							**FECHA DE ENSAYO:**		30/12/2016
REALIZADO POR:		Jairo A. Narváez					**NORMA**		**INEN NTE 640**		
PROBETA N°	**% DE FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR DE LONGITUD 1"**	**FECHA DE ELABORACIÓN**	**LONGITUD (mm)**	**ALTURA (mm)**	**ESPESOR (mm)**	**SUPERFICIE BRUTA (mm²)**	**CARGA (N)**	**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)**	**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PORMEDIO (MPa)**	**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm²)**	**% RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 28 DÍAS DE EDAD (2MPa)**
1	0.0%	16/12/2016	397	198	148	58,756	89820.00	1.53	1.55	15.83	77.6%
2			398	199	149	59,302	93220.00	1.57			
3			397	197	148	58,756	91520.00	1.56			
4	0.5%	16/12/2016	399	198	147	58,653	105420.00	1.80	1.73	17.61	86.4%
5			398	197	148	58,904	98720.00	1.68			
6			397	196	149	59,153	101020.00	1.71			
7	1.0%	16/12/2016	395	196	149	58,855	90820.00	1.54	1.55	15.77	77.3%
8			396	198	147	58,212	92620.00	1.59			
9			398	197	149	59,302	89220.00	1.50			
10	1.5%	16/12/2016	397	199	148	58,756	63720.00	1.08	1.00	10.20	50.0%
11			395	198	146	57,670	56020.00	0.97			
12			397	197	148	58,756	55520.00	0.94			
13	2.0%	16/12/2016	398	198	149	59,302	47220.00	0.80	0.81	8.27	40.6%
14			398	197	148	58,904	49320.00	0.84			
15			397	199	147	58,359	46720.00	0.80			

Fuente: *Jairo Narváez G.*

Tabla 41. Resistencia a la compresión de bloques adicionados con fibra de bagazo de caña de 2" de longitud a los 14 días de edad.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO AGREGADO ORGÁNICO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES PARA MAMPOSTERÍA LIVIANA

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES HUECOS A LOS 14 DÍAS DE EDAD

ORIGEN:		Agregados: y Fábrica de bloques Baños. Bagazo: Puyo							**FECHA DE ENSAYO:**		30/12/2016
REALIZADO POR:		Jairo A. Narváez					**NORMA**		**INEN NTE 640**		
PROBETA N°	**% DE FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR DE LONGITUD 2"**	**FECHA DE ELABORACIÓN**	**LONGITUD (mm)**	**ALTURA (mm)**	**ESPESOR (mm)**	**SUPERFICIE BRUTA (mm^2)**	**CARGA (N)**	**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)**	**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PORMEDIO (MPa)**	**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm^2)**	**% RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 28 DÍAS DE EDAD (2MPa)**
1	0.0%	16/12/2016	397	198	148	58,756	89820.00	1.53	1.55	15.83	77.6%
2			398	199	149	59,302	93220.00	1.57			
3			397	197	148	58,756	91520.00	1.56			
4	0.5%	16/12/2016	395	198	148	58,460	97020.00	1.66	1.56	15.88	77.9%
5			398	196	148	58,904	86220.00	1.46			
6			397	198	148	58,756	91020.00	1.55			
7	1.0%	16/12/2016	398	199	149	59,302	92820.00	1.57	1.52	15.48	75.9%
8			398	197	149	59,302	89420.00	1.51			
9			396	197	149	59,004	87320.00	1.48			
10	1.5%	16/12/2016	398	198	147	58,506	75220.00	1.29	1.11	11.29	55.4%
11			395	197	149	58,855	72120.00	1.23			
12			398	197	147	58,506	47420.00	0.81			
13	2.0%	16/12/2016	397	196	148	58,756	49520.00	0.84	0.81	8.29	40.7%
14			398	197	148	58,904	46920.00	0.80			
15			397	198	147	58,359	46745.22	0.80			

Fuente: *Jairo Narváez G.*

Tabla 42. Resistencia a la compresión de bloques adicionados con fibra de bagazo de caña de 1" de longitud a los 28 días de edad.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO AGREGADO ORGÁNICO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES PARA MAMPOSTERÍA LIVIANA

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES HUECOS A LOS 28 DÍAS DE EDAD

ORIGEN:		Agregados: Planta de Trituración Zúñiga y Fábrica de bloques Baños. Bagazo: Puyo							**FECHA DE ENSAYO:**		13/1/2017
REALIZADO POR:		Jairo A. Narváez					**NORMA**		**INEN NTE 640**		
PROBETA N°	**% DE FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR DE LONGITUD 1"**	**FECHA DE ELABORACIÓN**	**LONGITUD (mm)**	**ALTURA (mm)**	**ESPESOR (mm)**	**SUPERFICIE BRUTA (mm^2)**	**CARGA (N)**	**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)**	**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PORMEDIO (MPa)**	**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm^2)**	**% RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 28 DÍAS DE EDAD (2MPa)**
1	0.00	16/12/2016	398	197	148	58904	121,120	2.06	2.04	20.80	102.0%
2			395	196	148	58460	116,620	1.99			
3			397	199	146	57962	119,920	2.07			
4	0.50	16/12/2016	398	197	149	59302	129,620	2.19	2.12	21.61	106.0%
5			398	197	149	59302	118,920	2.01			
6			395	196	147	58065	125,820	2.17			
7	1.00	16/12/2016	397	198	148	58756	111,720	1.90	1.91	19.43	95.3%
8			398	198	147	58506	113,920	1.95			
9			397	197	148	58756	109,720	1.87			
10	1.50	16/12/2016	398	197	148	58904	78,420	1.33	1.23	12.58	61.7%
11			398	199	147	58506	69,020	1.18			
12			396	196	145	57420	68,320	1.19			
13	2.00	16/12/2016	397	199	147	58359	58,220	1.00	1.03	10.50	51.5%
14			398	197	147	58506	62,720	1.07			
15			397	197	148	58756	59,820	1.02			

Fuente: *Jairo Narváez G.*

Tabla 43. Resistencia a la compresión de bloques adicionados con fibra de bagazo de caña de 2" de longitud a los 28 días de edad.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL											
DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO AGREGADO ORGÁNICO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES PARA MAMPOSTERÍA LIVIANA											
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES HUECOS A LOS 28 DÍAS DE EDAD											
ORIGEN:		Agregados: Planta de Trituración Zúñiga y Fábrica de bloques Baños. Bagazo: Puyo							**FECHA DE ENSAYO:**		13/1/2017
REALIZADO POR:		Jairo A. Narváez							**NORMA**		INEN NTE 640
PROBETA N°	**% DE FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR DE LONGITUD 2"**	**FECHA DE ELABORACIÓN**	**LONGITUD (mm)**	**ALTURA (mm)**	**ESPESOR (mm)**	**SUPERFICIE BRUTA (mm^2)**	**CARGA (N)**	**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)**	**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PORMEDIO (MPa)**	**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm^2)**	**% RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 28 DÍAS DE EDAD (2MPa)**
1	0.00	16/12/2016	398	197	148	58904	121,120	2.06	2.04	20.80	102.0%
2			395	196	148	58460	116,620	1.99			
3			397	199	146	57962	119,920	2.07			
4	0.50	16/12/2016	395	198	148	58460	119,120	2.04	1.93	19.69	96.6%
5			398	196	148	58904	109,020	1.85			
6			397	198	148	58756	111,920	1.90			
7	1.00	16/12/2016	398	196	145	57710	114,120	1.98	1.66	16.98	83.2%
8			398	197	149	59302	99,920	1.68			
9			396	197	149	59004	78,620	1.33			
10	1.50	16/12/2016	398	198	147	58506	84,220	1.44	1.26	12.86	63.1%
11			395	196	146	57670	72,520	1.26			
12			396	195	145	57420	62,420	1.09			
13	2.00	16/12/2016	397	196	148	58756	60,920	1.04	1.03	10.45	51.3%
14			396	195	146	57816	57,720	1.00			
15			397	196	147	58359	60,721	1.04			

Fuente: *Jairo Narváez G.*

Tabla 44. Resistencia a la compresión de bloques tradicionales y dosificaciones adicionales a los 28 días de edad.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO AGREGADO ORGÁNICO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES PARA MAMPOSTERÍA LIVIANA

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES A LOS 28 DÍAS DE EDAD

ORIGEN:		Agregados: Planta de Trituración Zúñiga y Fábrica de bloques Baños. Bagazo: Puyo							**FECHA DE ENSAYO:**		13/1/2017
REALIZADO POR:		Jairo A. Narváez					**NORMA**		**INEN NTE 640**		
PROBETA N°	**DESCRIPCIÓN**	**FECHA DE ELABORACIÓN**	**LONGITUD (mm)**	**ALTURA (mm)**	**ESPESOR (mm)**	**SUPERFICIE BRUTA (mm²)**	**CARGA (N)**	**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)**	**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PORMEDIO (MPa)**	**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm²)**	**% RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 28 DÍAS DE EDAD (2MPa)**
1	CONTROL	16/12/2016	398	197	148	58904	121,120	2.06	2.04	20.80	102.0%
2			395	196	148	58460	116,620	1.99			
3			397	199	146	57962	119,920	2.07			
4	STANDART FÁBRICA	16/12/2016	399	198	148	59052	37,920	0.64	0.68	6.96	34.1%
5			398	197	148	58904	40,120	0.68			
6			397	199	146	57962	42,020	0.72			
7	DOSIFICACIÓN ADICIONAL 1	16/12/2016	398	199	149	59302	98,820	1.67	1.67	17.05	83.6%
8			397	197	148	58756	97,120	1.65			
9			397	196	147	58359	99,020	1.70			
10	DOSIFICACIÓN ADICIONAL 2	16/12/2016	397	198	147	58359	82,120	1.41	1.37	14.02	68.7%
11			399	196	147	58653	78,920	1.35			
12			397	198	146	57962	79,520	1.37			
13	DOSIFICACIÓN ADICIONAL 3	16/12/2016	398	197	146	58108	63,220	1.09	1.27	12.97	63.6%
14			396	196	147	58212	83,820	1.44			
15			396	196	146	57816	74,420	1.29			
16	CARAMELO	16/12/2016	397	197	195	77415	26,720	0.35	0.36	3.71	18.2%
17			398	197	199	79202	30,020	0.38			
18			397	195	197	78209	28,620	0.37			

Fuente: *Jairo Narváez G.*

2.4 Análisis de Precios Unitarios

Tabla 45. Análisis de precios unitarios para bloque de control**.**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

PROYECTO: DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO AGREGADO ORGÁNICO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BLOQUES PARA MAMPOSTERÍA LIVIANA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS **HOJA 1 DE 1**

RUBRO : BLSTD15 UNIDAD: U

DETALLE : ALIVIANAMIENTO BLOQUE POMEZ (40x20x15)

ESPECIFICACIONES: Bloque de control

EQUIPO DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.000
Mezcladora de tambor	1.00	4.00	4.00	0.010	0.040
Mesa vibratoria para bloques	1.00	2.00	2.00	0.010	0.020
SUBTOTAL M					**0.060**

MANO DE OBRA DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*JORNAL/HR B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
Peón EO E2	2.00	3.41	6.82	0.010	0.070
SUBTOTAL N					**0.070**

MATERIALES DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*PRECIO UNIT. B*	*COSTO C=AxB*
Arena	kg	4.930	0.004	0.021
Cemento puzolanico	kg	0.850	0.135	0.115
Piedra Pómez	kg	6.560	0.004	0.026
Agua	lt	0.650	0.001	0.001
SUBTOTAL O				**0.162**

TRANSPORTE DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO C=AxB*
SUBTOTAL P				**0.000**

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		0.292
INDIRECTOS (%)	9.00%	0.026
UTILIDAD (%)	7.00%	0.020
COSTO TOTAL DEL RUBRO		0.339
VALOR UNITARIO		**0.34**

OBSERVACIONES:

SON: CERO DOLARES, 34/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

FECHA: Abril de 2017 Jairo A. Narváez G.

ELABORADO

Fuente: *Jairo A. Narváez G.*

Tabla 46. Análisis de precios unitarios para bloque con 0.5% de bagazo incluido.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

PROYECTO: DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO AGREGADO ORGÁNICO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BLOQUES PARA MAMPOSTERÍA LIVIANA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS **HOJA 1 DE 1**

RUBRO : BLBGZ15 UNIDAD: U

DETALLE : ALIVIANAMIENTO BLOQUE POMEZ Y BAGAZO (40x20x15)

ESPECIFICACIONES: Fibra Picada. Longitud = 1", Cantidad = 0.5% del peso del cemento

EQUIPO DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.000
Picadora de Bagazo	1.00	1.50	1.50	0.010	0.015
Mezcladora de tambor	1.00	4.00	4.00	0.010	0.040
Mesa vibratoria para bloques	1.00	2.00	2.00	0.010	0.020
SUBTOTAL M					**0.075**

MANO DE OBRA DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*JORNAL/HR B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
Peón EO E2	2.00	3.41	6.82	0.010	0.070
SUBTOTAL N					**0.070**

MATERIALES DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*PRECIO UNIT. B*	*COSTO C=AxB*
Arena	kg	4.930	0.004	0.021
Cemento puzolanico	kg	0.850	0.135	0.115
Piedra Pómez	kg	6.560	0.004	0.026
Bagazo tratado L=1"	kg	0.192	0.001	0.000
Agua	lt	0.650	0.001	0.001
SUBTOTAL O				**0.162**

TRANSPORTE DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO C=AxB*
SUBTOTAL P				**0.000**

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		0.307
INDIRECTOS (%)	9.00%	0.028
UTILIDAD (%)	7.00%	0.021
COSTO TOTAL DEL RUBRO		0.356
VALOR UNITARIO		**0.36**

OBSERVACIONES:

SON: CERO DOLARES, 36/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

FECHA: Abril de 2017

Jairo A. Narváez G.
ELABORADO

Fuente: *Jairo A. Narváez G.*

2.5 Registro fotográfico de la elaboración de bloques con fibras de bagazo de caña de azúcar.

PROCESO DE PREPARACIÓN DE LAS FIBRAS DE BAGAZO DE CAÑA

Fotografía 8. Recolección del bagazo de caña



Fotografía 9. *Bagazo en lonas para tratamiento de flujo continuo de agua.*



Fotografía 10. Tratamiento de flujo continuo de agua.
Ubicación: Río Pindo Grande
Sector: Estación biológica Pindo Mirador GADPPz



Fotografía 11. *Bagazo después del tratamiento de flujo continuo de agua*



Fotografía 12. *Picadora de bagazo propiedad del Ing. Julio Salazar.*



Fotografía 13. Criba para diferentes tamaños de fibra.



Fotografía 14. Fibras de bagazo picado.



Fotografía 15. Bagazo después del tratamiento con cal



PROCESO DE ELABORACIÓN DE LOS BLOQUES CON ADICIÓN DE FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA

Fotografía 16. *Agregado fino comúnmente utilizado en fábricas de bloques artesanales.*



Arena con alto contenido de limos y/o arcillas.

Fotografía 17. *Agregado fino utilizado en la fabricación de los bloques con bagazo.*



Arena (*lavada*)

***Fotografía 18**. Adición de agregados en mezcladora de tambor.*



***Fotografía 19.** Mezcla estándar para fabricación de bloques*



Fotografía 20. Adición de fibras en la mezcla.



Fotografía 21. Mezclado y colocación en moldes.



Fotografía 22. Vibración y desmoldado de bloques.



Fotografía 23. Bloques terminados.



Fotografía 24. *Identificación de muestras y proceso de fraguado.*



Fotografía 25. Proceso de curado de las muestras



Fotografía 26. Preparación de bloques para ensayo.

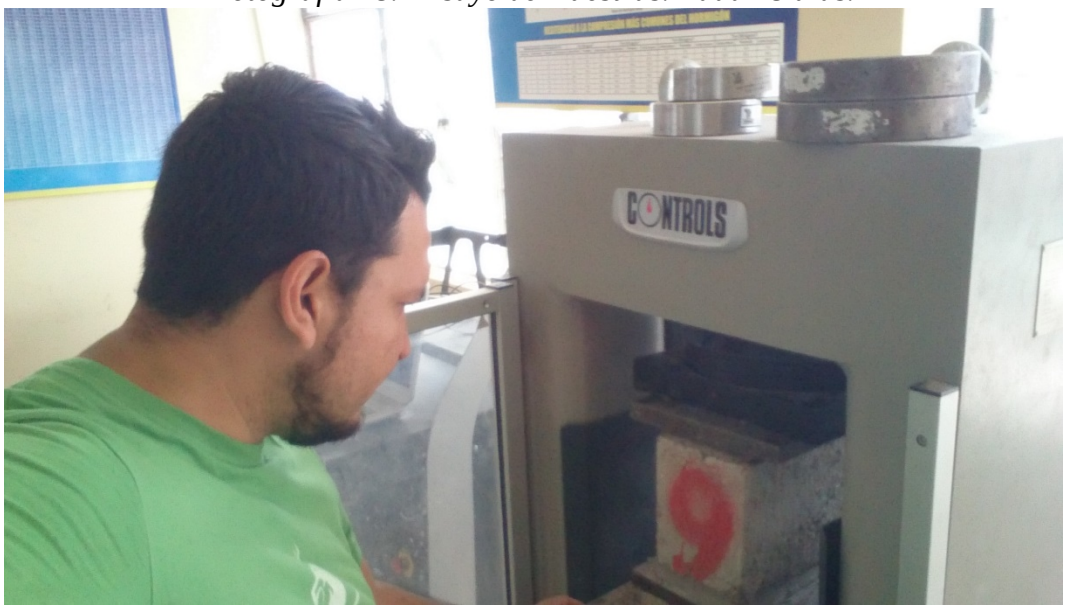


Fotografía 27. *Primer grupo de bloques para ensayo. Edad 7 días.*



PROCESO DE ENSAYO DE BLOQUES

Fotografía 28. Ensayo de muestras. Edad 28 días.



Fotografía 29. Bloque listo para ser ensayado



Fotografía 30. Bloque ensayado.



Se aprecian fisuras, pero el bloque sigue soportando carga.

Fotografía 31. Fibras presentes en bloques.



Bloque completamente fallado. Fibras mantienen la forma del elemento.

Fotografía 32. Falla por adherencia.



Desprendimiento en zonas de fibras con corteza.

Fotografía 33. *Fibras presentes en bloques. Longitud de fibra 2".*



Fotografía 34. Ensayo de bloque "caramelo"



Gráfico 7. *Curva típica de Carga vs. Tiempo para compresión de bloques.*

