



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL BIOCONCRETO A
BASE DE CASCARILLA DE CAFÉ EN LA FABRICACIÓN DE BLOQUES**

Para optar al título de ingeniero civil

Elaborado por

Br. Hyman Matilde Roque Altamirano

Br. Jared Manuel Medrano Ruiz

Tutor

Ing. Israel Morales

Managua, Junio 2015

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo primeramente a Dios por darnos la sabiduría y la fuerza para desarrollar y culminar nuestra monografía.

A nuestros padres Manuel Salvador Medrano Picado, Margarita Altamirano Chavarría y Alba Luz Ruiz Salinas por ser responsables de lo que somos hoy en día y por su apoyo incondicional.

.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar le agradecemos a Dios, por darnos la vida, salud y bendiciones a lo largo de nuestra vida.

A nuestros padres por darnos buenos ejemplos y la oportunidad de estudiar una carrera universitaria con todos los sacrificios que esto conlleva.

A Gustavo Plasencia por su completo apoyo en el proceso de finalización y por el impulso brindado para culminar este trabajo monográfico.

A nuestros maestros por los conocimientos necesarios a lo largo de nuestros estudios universitarios en la UNI-RUACS.

Al Ingeniero Israel Morales por aceptar ser nuestro tutor y tener la disponibilidad de aclarar nuestras dudas y revisar una y otra vez nuestro trabajo monográfico.

Al Ingeniero Jimmy Sierra por gestionar los fondos para nuestra monografía y el uso de las instalaciones de la universidad.

Le agradecemos a la Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario y Forestal de Nicaragua (FUNICA), por su apoyo económico en la realización de los experimentos implementados en esta monografía.

A los beneficios de café seco San Carlos, Sajonia, Unión de Cooperativas de Servicios Múltiples del Norte (UCOSEMUN) por brindarnos información útil y recibirnos amablemente en sus instalaciones.

A la Lic. Flor Idalia Lanuza por sus aportes que fueron de mucha utilidad para nuestra monografía y a Yamileth Talavera por prestarnos las instalaciones de la bloquera para la realización de los bloques.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo experimental tiene como finalidad estudiar la viabilidad técnica y económica de bloques a base de bióconcreto de cascarilla en estado natural y molida como medio reductor de costos y contaminación en la zona norte de Nicaragua.

En la actualidad el país tiene un alto nivel de contaminación; la preservación del medio ambiente es fundamental para la subsistencia de las próximas generaciones y en vista que gran parte de la población no poseen la capacidad para afrontar los gastos que representa edificar una vivienda digna y favorable la Ingeniería Civil se ve en la necesidad de analizar y proponer nuevas alternativas de materias primas en la construcción.

La cascarilla de café es mayormente quemada, expuesta al aire creando polvo o vertida en las fuentes de agua superficiales, debido a esto y el crecimiento poblacional se ha llegado a la necesidad de experimentar con este desperdicio como reductor de costos en la realización de bloques.

Los especímenes que se escogieron fueron los bloques por el buen comportamiento estructural que tienen y la demanda que hay en la zona norte del país.

Los bloques se hicieron en la ciudad de Estelí en la bloquera CEMACON.

Se realizó pruebas de laboratorio a los elementos constructivos que conforman la elaboración del bloque como la arena, material cero y cascarilla de café en dos estados, uno es su estado natural extraído directamente de los beneficios de café y el otro es su estado molido, realizado en un molino, además se realizó la los bloques la prueba de resistencia a la compresión en los 14 y 28 días de curado obteniendo de esta manera las resistencias por dosificación regidos por los estándares que exige el Reglamento Nacional de la Construcción (RNC) según la zona norte o B del país.

Se efectuó un análisis comparativo de resistencia a la compresión entre las dosificaciones.

Esta monografía contiene un estudio de costos sobre las dosificaciones que cumplen con las resistencias que exige el RNC según la zona del país, este estudio nos ayudó a determinar los gastos que conlleva la realización de los bloques y el precio para ser comercializado siendo realizado en el mes de marzo del 2015 en la ciudad de Estelí y está sujeto a cambios por región o futuro incremento de precios, también va acompañado de recomendaciones para seguir profundizando en el estudio de la cascarilla de café como un posible agente reductor de costos.

LISTA DE SIGLAS DE ACRÓNIMOS

ASTM American Society for Testing Materials

CEMACON Centro de Materiales de Construcción

CISA AGRO Comercialización Internacional S.A.

CU Coeficiente de Uniformidad

FUNICA Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario y Forestal de Nicaragua

GE Gravedad específica corriente

GE_A Gravedad específica aparente

GE_{sss} Gravedad específica en condición de saturado superficialmente seco

MF Módulo de finura

PVSC Peso volumétrico seco compacto

PVSS Peso volumétrico seco suelto

RNC Reglamento Nacional de la Construcción

SSS Saturada superficialmente seca

UCOSEMUN Unión de Cooperativas de Servicios Múltiples del Norte

UNI-RUACS Universidad Nacional de Ingeniería Recinto Universitario Augusto Cesar Sandino

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	ANTECEDENTES.....	2
III.	JUSTIFICACIÓN.....	4
IV.	OBJETIVOS.....	5
	4.1. Objetivo general.....	5
	4.2. Objetivos específicos.....	5
V.	MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	6
	5.1. Materiales para la elaboración de bloques.....	6
	5.1.1. Cemento.....	6
	5.1.1.1. Normas.....	6
	5.1.2. Arena.....	7
	5.1.2.1. Normas.....	8
	5.1.2.2. Pruebas de laboratorio.....	9
	Determinación de los pesos unitarios.....	9
	Determinación del contenido de humedad.....	9
	Determinación de la gravedad específica y porcentaje de absorción.....	9
	Determinación de las impurezas orgánicas.....	9
	Determinación del análisis granulométrico.....	10
	Tamaño máximo.....	10
	Módulo de finura.....	10
	Curva granulométrica.....	11
	Parámetros derivados de la granulometría.....	11
	5.1.3. Material cero.....	12

5.1.3.1. Pruebas de laboratorio.....	12
Determinación de los pesos unitarios.....	12
Determinación del contenido de humedad.....	12
Determinación de la gravedad específica y porcentaje de absorción.....	12
Determinación de las impurezas orgánicas.....	12
Determinación del análisis granulométrico.....	12
5.1.4. Cascarilla de café.....	13
5.1.4.1. Propiedades químicas y físicas.....	14
5.1.4.2. Producción de café en los beneficios.....	15
5.1.4.3. Uso de la cascarilla actualmente.....	16
5.1.4.4. Pruebas de laboratorio.....	16
Determinación del contenido de humedad.....	16
Determinación del análisis granulométrico.....	16
5.1.5. Agua.....	16
5.2. Bloques.....	17
5.2.1. Diseño.....	17
5.2.1.1. Área del bloque.....	18
5.2.2. Dosificaciones de bíoconcreto.....	19
5.2.3. Realización.....	20
5.2.4. Curado.....	20
5.2.5. Resistencia a la compresión.....	21
5.2.5.1. Varianza y desviación estándar.....	22
5.3. Análisis de costos.....	22

VI. ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.	
METODOLOGÍA Y DESARROLLO DEL TEMA.....	23
6.1. Metodología utilizada.....	23
6.2. Resultados de pruebas de laboratorio.....	24
6.2.1. Pesos unitarios secos sueltos y secos compactos.....	24
6.2.2. Contenido de humedad.....	26
6.2.3. Gravedad específica y porcentaje de absorción.....	27
6.2.4. Impurezas orgánicas.....	28
6.2.5. Análisis Granulométrico.....	29
6.3. Prueba de resistencia a la compresión.....	34
6.4. Costos variables.....	51
6.5. Costos fijos.....	52
6.6. Precios de venta.....	52
6.7. Costo total del producto.....	53
6.7.1. Porcentaje de ganancia deseado.....	53
6.8. Precio de venta versus promedio de resistencia a la compresión.....	54
VII. CONCLUSIONES.....	55
VIII. RECOMENDACIONES.....	57
IX. BIBLIOGRAFIA.....	58

ÍNDICE DE ANEXOS

X. ANEXOS

I. Determinación de los pesos unitarios secos sueltos y secos compactos de los agregados

Determinación del peso unitario o volumétrico seco suelto

Determinación del peso unitario o volumétrico seco compacto

II. Determinación del contenido de humedad de los agregados

III. Determinación de la gravedad específica y porcentaje de absorción del agregado fino (ASTM C128 AASHTO T84)

IV. Determinación de las impurezas orgánicas en el agregado fino (ASTM C40)

V. Determinación del análisis granulométrico de los áridos (ASTM C136)

Módulo de finura

Parámetros derivados de la granulometría

VI. Varianza y desviación estándar

VII. Análisis de costos

Determinación de los costos

Depreciación

Costos

Tipos de costos

Clasificación según la función que cumplen

Costo de producción

Costo de comercialización

Costo de administración

Clasificación según su grado de variabilidad

Costos fijos

Costos variables

Clasificación según su comportamiento

Costo variable unitario

Costo variable total

Costo fijo total

Costo fijo unitario

Costo total

VIII. Volumen de mezcla

I. INTRODUCCION

Los bloques de concreto son elementos modulares, premoldeados y diseñados para ser utilizados en los sistemas de albañilería confinada o armada. Para su fabricación se requiere de materiales usuales del concreto, es decir cemento, arena, piedra triturada y agua.

En Nicaragua el uso del bioconcreto es prácticamente nulo, no obstante en países desarrollados o en vías de desarrollo ya se han realizado estudios previos con la utilización de la cascarilla de café como un elemento complementario y agente reductor de costos en el rubro de la construcción civil; además el uso de la cascarilla de café representa una disminución en la contaminación al medio ambiente.

Este trabajo tuvo como objetivo realizar un estudio experimental en la elaboración de bloques de bioconcreto con cascarilla de café natural y molida, se redujo la arena en porcentaje de diez, veinte y treinta por ciento supliéndose por cascarilla de café, de esta manera obtuvimos distintas dosificaciones, se curaron por catorce y veintiocho días para posteriormente realizarle pruebas de resistencia a la compresión y obtener su resultado individual y promedio por dosificación para analizar los costos de las dosificaciones viables regidos por el RNC.

II. ANTECEDENTES

En el transcurso del desarrollo y crecimiento de la sociedad Nicaragüense se han implementado diversos materiales de construcción con el objetivo de responder a las necesidades de infraestructura vital en el progreso social, cultural y económico.

En Nicaragua se han usado distintos materiales de construcción según la disponibilidad de recursos de cada zona.

A inicios del año 1900 en la zona norte del país se comenzó a construir con adobe el cual es una mezcla de barro con fibras de pino, principalmente en las ciudades donde el terreno era apto para las construcciones de su tipo, en Estelí se usaba mayormente el taquezal el cual consistía en una mezcla de barro, piedra y madera.

Aproximadamente a mediados del siglo XIX se empezó a utilizar en la zona norte del país el ladrillo cuarterón o ladrillo rojo, dicha pieza está constituida por materiales arcillosos, las piezas se obtienen a partir de moldes que posteriormente son cocidas en un horno.

El uso de los bloques de concreto se origina a partir de la necesidad de construir estructuras más complejas y resistentes principalmente a esfuerzos cortantes provocados por eventualidades sísmicas. Dentro de este marco la ciudad de Managua ha sido pionera en la utilización de dicho material, cabe mencionar que las viviendas construidas con bloques de concreto antes del terremoto del 23 de diciembre de 1972 presentaron menores fallas estructurales, es por esto que los bloques de concreto responden favorablemente a las demandas en el comportamiento estructural de viviendas capaces de no colapsar repentinamente ante los efectos de un movimiento telúrico.

Los bloques de concreto consisten en una mezcla de arena, material cerámico, cemento y agua (concreto).

Los bloques de concreto vienen siendo utilizados en diversas zonas del país de manera artesanal y frecuentemente sin el aporte técnico adecuado.

Actualmente existen diversas construcciones con bloques de concreto en la ciudad de Estelí. El uso de este material ha tenido un gran auge en la zona y en vista a eso se han creado bloqueras para la fabricación de bloques y otras que operan clandestinamente, es decir sin tener información sobre las características técnicas. Lo anterior refleja que la sociedad de Estelí puede optar a bloques de diversas calidades, en lo que se refiere a forma y características de resistencia.

III. JUSTIFICACION

Una gran cantidad de cascarilla de café se genera posterior de la cosecha del café como producto del trillado del grano, lo cual ha llegado a ser un problema para los beneficios de café porque esto significa un desecho y no tiene un tipo de utilidad, implicando la quema del subproducto del café y generando de esta manera un alto impacto ambiental.

En la zona norte de Nicaragua existen un sin número de beneficios cafetaleros los cuales producen grandes cantidades de cascarilla. Aunque no existen datos precisos sobre la producción de residuos generados por la actividad del trillado, pero se estima que la cascarilla es del quince al veinte por ciento (15-20%) del pergamino seco.

La cascarilla de café podría ser una alternativa para disminuir los costos de construcción y así poder ejecutar obras civiles a menor costo y a su vez contribuir a la reducción de la contaminación del medio ambiente.

El presente trabajo busca estudiar la realización de bloques elaborados con cascarilla de café en su estado natural y molido, arena procedente del río Macuelizo, Nueva Segovia, material cero procedente del banco La Pedrera, El Dorado en la ciudad de Estelí y el cemento CANAL, a su vez regidos por el Reglamento Nacional de la Construcción (RNC) para la confección y utilización del bloque en Nicaragua, además de realizar una comparación con bloques elaborados completamente con elementos tradicionales, tales como la arena, material cero y cemento, y construidos bajo las mismas condiciones.

El estudio constituye una innovación en el desarrollo de la construcción y está encaminado a lograr una sinergia de cooperación entre el medio ambiente y las necesidades del hombre.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Estudio de viabilidad técnica y económica del bioconcreto a base de cascarilla de café en la fabricación de bloques.

4.2. Objetivos específicos

Determinar la proporción adecuada de mezcla de bioconcreto a base de cascarilla de café, arena, material cero y cemento que cumpla los requisitos establecidos en el Reglamento Nacional de la Construcción.

Realizar un análisis comparativo de costos entre unidades de bloques con cascarilla de café y unidades de bloques fabricados con materiales tradicionales que cumplieron con los parámetros de resistencia según el Reglamento Nacional de la Construcción.

V. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

5.1. Materiales para la elaboración de bloques

5.1.1. Cemento

La palabra cemento se deriva del latín *cementum* que significa argamasa. Se entiende por cemento al producto resultante de la calcinación de una mezcla homogénea de caliza y toba que posteriormente es pulverizada y es el material de construcción más utilizado del mundo.

El material cementicio que se utilizó en la monografía fue el cemento CANAL, que pertenece a la familia de cementos hidráulicos Portland tipo GU que cumple con las normas ASTM C1157 y es aquel tipo de cemento que puede ser utilizado en todo tipo de construcciones siempre y cuando éstas no requieran las características y propiedades especiales de otro tipo de cemento.

Los usos de este tipo de cemento son principalmente en obras de albañilería y estructuras como preparación de mezcla para concretos, morteros y diferentes tipos de elementos prefabricados.

5.1.1.1. Normas¹

El cemento debe cumplir la norma: Sociedad Americana de Ensayes de Materiales ASTM C1157.

La norma ASTM C1157 no establece la composición química de los diferentes tipos de cementos como lo hacen las normas ASTM C150 y ASTM C595, sin embargo los componentes individuales usados para fabricar los cementos ASTM C1157 deben satisfacer los requisitos especificados en dicha norma. La norma también contiene varios requisitos opcionales, incluyendo uno para los cementos resistentes a la reacción álcali-agregado.

¹ "ASTM C1157/C1157M - 11 Especificación Normalizada de Desempeño para Cemento Hidráulico" ASTM International.

<http://www.astm.org/Standards/C1157C1157M-SP.htm>

5.1.2. Arena

La arena o árido fino es el material que resulta de la desintegración natural de las rocas, extraída de los ríos, los lagos, depósitos volcánicos o arenas artificiales, esto es, que han sido manufacturadas. Este debe ser por lo general, químicamente inerte, libre de cualquier recubrimiento y el cual está conformado normalmente por partículas entre 4.75 y 0.075mm.

La arena a utilizar es procedente del Río Macuelizo – Nueva Segovia y se utiliza para la fabricación de morteros cumpliendo las siguientes funciones:

- Ocupar los espacios entre el material cero reduciendo su porcentaje de huecos.
- Proporcionar elasticidad a la mezcla permitiendo en el proceso de secado que no se produzcan grietas.
- Lograr un esqueleto rígido y estable con buena trabajabilidad.



Figura No.1 Arena procedente del Río Macuelizo

5.1.2.1. Normas²

Las normas que rigen la calidad del agregado son ASTM C33 El agregado fino debe cumplir con la norma ASTM C33 y ASTM C136.

El agregado fino puede estar formado por material natural, natural procesado, una combinación de ambos o artificial. La clasificación se hará con el análisis granulométrico para agregado fino, serán clasificados dentro de los límites siguientes.

Tabla No. 1 Porcentaje que pasa según cada tamiz

Tamiz	% que pasa
3/8" (9.52 mm)	100
No. 4 (4.75 mm)	95 – 100
No. 8 (2.38 mm)	80 – 100
No. 16 (1.19 mm)	50 – 85
No. 30 (0.59 mm)	25 – 60
No. 50 (0.297 mm)	10 – 30
No. 100 (0.149 mm)	2 – 10

Fuente: Norma ASTM C33

² "ASTM C33/C33M - 13 Especificación Normalizada para Agregados para Concreto" ASTM International.

<http://www.astm.org/Standards/C33C33M-SP.htm>

"ASTM C136/C136M – 14 Método de Prueba Estándar para Análisis Granulométrico de Agregados Finos y Gruesos" ASTM International.

<http://www.astm.org/Standards/C136.htm>

5.1.2.2. Pruebas de laboratorio

Determinación de los pesos unitarios³

El peso unitario de un agregado (árido) es la relación entre el peso de una determinada cantidad de este material y el volumen ocupado por el mismo, considerando como volumen al que ocupan las partículas del agregado y sus correspondientes espacios ínter granulares.

Determinación del contenido de humedad⁴

Contenido de humedad se puede definir como la cantidad de agua presente en los materiales, al momento del ensaye, expresada en porcentaje del peso seco de su fase sólida.

Determinación de la gravedad específica y porcentaje de absorción⁵

Gravedad específica se define a la relación en peso entre una determinada cantidad de árido seco y el peso de un volumen igual de agua; considerando como volumen de los áridos a la suma de los volúmenes de la parte sólida y poros.

Determinación de las impurezas orgánicas (ASTM C40)⁶

Esta prueba se utilizó para la determinación aproximada de la presencia de materia orgánica dañina en agregados finos utilizados en la fabricación de morteros o concretos de cemento hidráulico.

³ Anexo I. Determinación de los pesos unitarios secos sueltos y secos compactos de los agregados.

⁴ Anexo II. Determinación del contenido de humedad de los agregados.

⁵ Anexo III. Determinación de la gravedad específica y porcentaje de absorción del agregado fino.

⁶ Anexo IV. Determinación de las impurezas orgánicas en el agregado fino.

Determinación del análisis granulométrico (ASTM C136)⁷

Se entiende por granulometría a la distribución de las distintas fracciones de las partículas de un agregado, cuando se tamizan a través de una serie de mallas.

Las mallas normalmente utilizadas en el análisis son de abertura cuadrada y se ajustan a las especificaciones. Los tamaños comúnmente utilizados de las mismas son los siguientes: 3/8", No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50 y No. 100.

Tamaño máximo

Se define como la abertura del menor tamiz, por el cual pasa el 100% de la muestra del agregado. El tamaño máximo de la arena para hormigón debe ser 4.75 mm, es decir 0% de retenido mayor que el tamiz No. 4.

Módulo de finura⁸

El módulo de finura del agregado fino, es el índice aproximado que nos describe en forma rápida y breve la proporción de finos o de gruesos que se tiene en las partículas que lo constituyen. Se calcula sumando los porcentajes acumulados en las mallas 3/8" hasta el No. 100 y dividiendo el total entre cien.

$$MF = \frac{\% \text{ Retenido Acumulado}}{100}$$

El módulo de finura debe estar comprendido entre 2.30 y 3.10, con una tolerancia de ± 0.20 , con respecto al valor del módulo de finura empleado en el diseño del proporcionamiento del concreto.

⁷ Anexo V. Determinación del análisis granulométrico de los áridos.

⁸ Anexo V. Módulo de finura.

Curva granulométrica

Para graficar la granulometría, sobre el eje de las ordenadas se representa el porcentaje que pasa a través de los tamices en escala aritmética, mientras que sobre el eje de las abscisas se indican las aberturas de los tamices, dando así origen a lo que se conoce como curva granulométrica del material. Cada una de estas curvas, será comparada con los entornos recomendados para cada tamiz, expresados en la Tabla No. 1.

Parámetros derivados de la granulometría⁹

El Coeficiente de Uniformidad (C_u)

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Dónde;

D_{60} = Tamaño correspondiente al que pasa por 60%

D_{10} = Tamaño correspondiente al que pasa por 10%

El Coeficiente de Curvatura (C_c)

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10}D_{60}}$$

Dónde;

D_{30} = Tamaño correspondiente al que pasa por 30%

⁹ Anexo V. Parámetros derivados de la granulometría.

5.1.3. Material cero

Este agregado proviene de la trituración de la grava. La forma de las partículas depende de la naturaleza de la roca original, así como de la trituradora. El material cero es procedente del banco de material “La pedrera” El Dorado en la ciudad de Estelí.



Figura No. 2 Material cero utilizado

5.1.3.1. Pruebas de laboratorio

Las pruebas que se le realizó al material cero son las siguientes:

Determinación de los pesos unitarios¹⁰

Determinación del contenido de humedad¹¹

Determinación de la gravedad específica y porcentaje de absorción¹²

Determinación de las impurezas orgánicas¹³

Determinación del análisis granulométrico (ASTM C136)¹⁴

¹⁰ Anexo I. Determinación de los pesos unitarios secos sueltos y secos compactos de los agregados.

¹¹ Anexo II. Determinación del contenido de humedad de los agregados.

¹² Anexo III. Determinación de la gravedad específica y porcentaje de absorción del agregado fino

¹³ Anexo IV. Determinación de las impurezas orgánicas en el agregado fino.

¹⁴ Anexo V. Determinación del análisis granulométrico de los áridos.

5.1.4. Cascarilla de café

La cascarilla de café es la parte que envuelve al café oro, está situada inmediatamente después de la capa mucilaginosa.

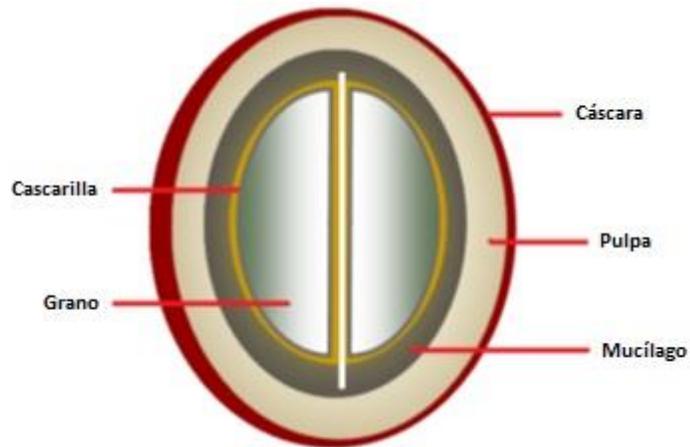


Figura No. 3 Composición del grano entero del café

La cascarilla de café se obtiene del trillado, estos equipos realizan el proceso de separar la cascarilla del grano de café, resultando el café oro, la cascarilla es transportada hacia el patio de acopio, situadas en las cafetaleras de la zona norte de Nicaragua.



Figura No. 4 Muestra el estado del café uva o cereza (1), luego este se pone a secar y se le retiran las impurezas utilizando máquinas vibradoras y mallas donde resulta el grano seco con su cascarilla o pergamino seco (2) en el proceso de trillado se separa la cascarilla de café (3) para obtener el café oro (4).

5.1.4.1. Propiedades químicas y físicas

De acuerdo a los estudios realizados por (Amador, Aura) "Validación de máquina briqueteadora de tornillo helicoidal para el aprovechamiento de la cascarilla de café como combustible" la cascarilla de café tiene la siguiente composición química:

- Contenido de humedad de 7.6%
- Materia seca 92.8%
- Extracto etéreo 0.6%
- Nitrógeno 0.39%
- Cenizas 0.5%
- Extracto libre de nitrógeno 18.9%
- Calcio y Magnesio 150 mg
- Fósforo 28 mg

La cascarilla de café presenta las siguientes propiedades:

- El poder calorífico es de aproximadamente 7458 Kcal/Kg
- El porcentaje de cenizas es de aproximadamente 0.6%
- Su humedad promedio es de 5.4%
- El Material volátil es de 87.7%
- Densidad aparente promedio 0.33 g/cm³
- El tamaño de las partículas oscila entre 0.425 y 2.36 mm de diámetro

5.1.4.2. Producción de café en los beneficios

Los beneficios visitados para este estudio son de la zona norte de Nicaragua, tales como el beneficio San Carlos ubicado carretera Managua - Matagalpa Km 120 1/2 que comprende las zonas de cosecha Jinotega, Matagalpa, Nueva Segovia y algunas fincas de la zona del pacifico y el beneficio de UCOSEMUN ubicado en el empalme Shell Palacagüina 700 mts carretera a Pueblo Nuevo comprende las zonas de cosecha de Wiwilí, San Juan de Río Coco, Quilalí, Murra, Dipilto San Rafael del norte, Sabana, Jícaro, Pueblo Nuevo y el Cua Jinotega.

Tabla No. 2 Producción de café por beneficio

Beneficios	Año	Café (qq)	Cascarilla (qq)	Uso
San Carlos (CISA AGRO)	2009-2010	584250	12312	Vendido para secado mecánico y obsequio
	2010-2011	654360	143640	
	2012-2013	686815	154071	Vendido y obsequio
UCOSEMUN	2010-2011	42066	9234	100% vendido C\$6 sin saco
	2011-2012	62500	13700	100% vendido C\$3 sin saco
	2012-2013	37500	8200	100% vendido C\$3 sin saco
	2013-2014	36280	7855	100% vendido C\$3 sin saco

Los datos de tabla No. 2 se obtuvieron en entrevistas realizadas a (Nazco, Leinad) Responsable de producción – beneficio San Carlos y (Poveda, Ramón) Administrador - beneficio UCOSEMUN.

5.1.4.3. Uso de la cascarilla actualmente

- Tradicionalmente se ha utilizado como combustible en ladrilleras.
- Para eco-fogones que son parecidos a los fogones tradicionales pero con algunos cambios que mejoran el trabajo, ya que reducen el tiempo al momento de hacer los alimentos y emiten menores cantidades de humo. Está diseñado con materiales ecológicos presentes en la zona de construcción y generan calor a través de sus depósitos de combustión.
- Silos para el secado de café.

5.1.4.4. Pruebas de laboratorio

Las pruebas que se realizó al material cero son las siguientes:

Determinación del contenido de humedad¹⁵

Determinación del análisis granulométrico¹⁶

5.1.5. Agua

Esta deberá ser limpia, fresca y libre de materia orgánica e inorgánica, ácidos y álcalis, en suspensión o solución, y de cualquier sustancia que pueda causar efectos deletéreos en el concreto, en cantidad tal que puedan afectar la calidad y durabilidad del concreto. Se podrá obtener de fuentes públicas o de pozos, pero no de las excavaciones.

¹⁵ Anexo II. Determinación del contenido de humedad de los agregados.

¹⁶ Anexo V. Determinación del análisis granulométrico de los áridos.

5.2. Bloques

Es un cuerpo prismático sólido o con huecos, utilizado para conformar la mampostería, fabricados de cemento Portland o modificado, agua y agregados minerales con o sin la inclusión de otros materiales.

5.2.1. Diseño

Las formas y tamaños de los bloques comunes han sido estandarizados para tener control sobre las especificaciones técnicas y asegurar una uniformidad en las construcciones. El tamaño más común en las construcciones de bloques y el utilizado en esta monografía; es referido a aquel con las siguientes medidas nominales: 15*15*40 centímetros (cm). Muchas empresas que manufacturan bloques ofrecen variaciones del bloque básico que permitan, por ejemplo, un efecto visual único o proveer de características estructurales para aplicaciones especializadas.

5.2.1.1. Área del bloque

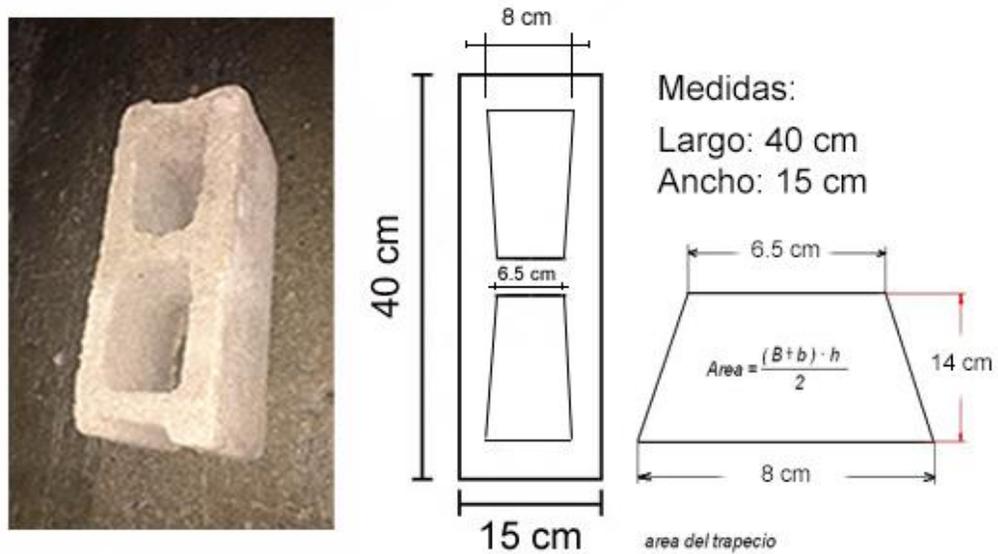


Figura No. 5 Dimensiones de los bloques realizados

Cálculo del Área neta del bloque

Área No. 1

$$A_1 = b * h$$

$$A_1 = 15 \text{ cm} * 40 \text{ cm}$$

$$A_1 = 600 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{Neta}} = A_1 - A_2$$

$$A_{\text{Neta}} = 600 \text{ cm}^2 - 203 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{Neta}} = 397 \text{ cm}^2$$

Área No. 2

$$A_2 = \frac{(b_{\text{mayor}} + b_{\text{menor}}) * h}{2}$$

$$A_2 = \frac{(8 \text{ cm} + 6.5 \text{ cm}) * 14 \text{ cm}}{2} = 101.5 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = 101.5 \text{ cm}^2 * 2 \text{ orificios} = 203 \text{ cm}^2$$

Fuente: Cálculo realizado a los bloques hechos en la bloquera CEMACON y a los bloques que se ofertan en Ladrillería Lina en Estelí, Nicaragua.

5.2.2. Dosificaciones de bíconcreto

Las dosificaciones de bíconcreto se escogieron después de realizar un proceso de selección entre las dosificaciones utilizadas por los fabricantes de bloques y empresas industrializadas que cumplían con los requisitos de resistencia a la compresión emitidos por el RNC para la zona norte o B del país.

Se partió de las dosificaciones de concreto 1:4:2 (un volumen suelto de cemento, cuatro volumen suelto de arena y dos volumen suelto de material cero) y 1:3:3 (un volumen suelto de cemento, tres volumen suelto de arena y tres volumen suelto de material cero) para ejecutarlas se restó arena en su diez, veinte y treinta por ciento sustituidos por cascarilla de café natural y molida.

Las cantidades de volumen suelto de mezcla mencionadas en esta monografía son aproximados por lo que en la localidad deberán ser analizados y ajustados de acuerdo a los materiales, condiciones climatológicas y el uso al que se vaya a destinar el bloque producido.

Tabla No. 3 Dosificaciones de Bíconcreto

Dosificación de concreto	Cemento	% Reducido de Arena	Arena	Cascarilla de café	Material Cero
1:4:2	1	10%	3.6	0.4	2
1:4:2	1	20%	3.2	0.8	2
1:4:2	1	30%	2.8	1.2	2
1:3:3	1	10%	2.7	0.3	3
1:3:3	1	20%	2.4	0.6	3
1:3:3	1	30%	2.1	0.9	3

Fuente: Dosificaciones propias.

5.2.3. Realización

Los bloques de bioconcreto se elaboraron en el Centro de Materiales de Construcción CEMACON en la ciudad de Estelí en el mes de junio del año 2011, con una máquina artesanal para hacer bloques.

5.2.4. Curado

Los bloques de bioconcreto y concreto se curaron o fraguaron 14 y 28 días de la siguiente manera.

Los bloques curados 14 días primeramente se sumergieron totalmente de agua por 7 días para asegurar la máxima absorción para obtener un curado óptimo y buen comportamiento del bloque a la resistencia a la compresión y los otros 7 días se realizó a mano y cubiertos completamente por un plástico negro.

Los bloques curados 28 días, se sumergieron totalmente de agua por 14 días y los otros 14 días se regaron a mano para posteriormente ser tapados por un plástico negro.

5.2.5. Resistencia a la compresión

Reglamento Nacional de la Construcción

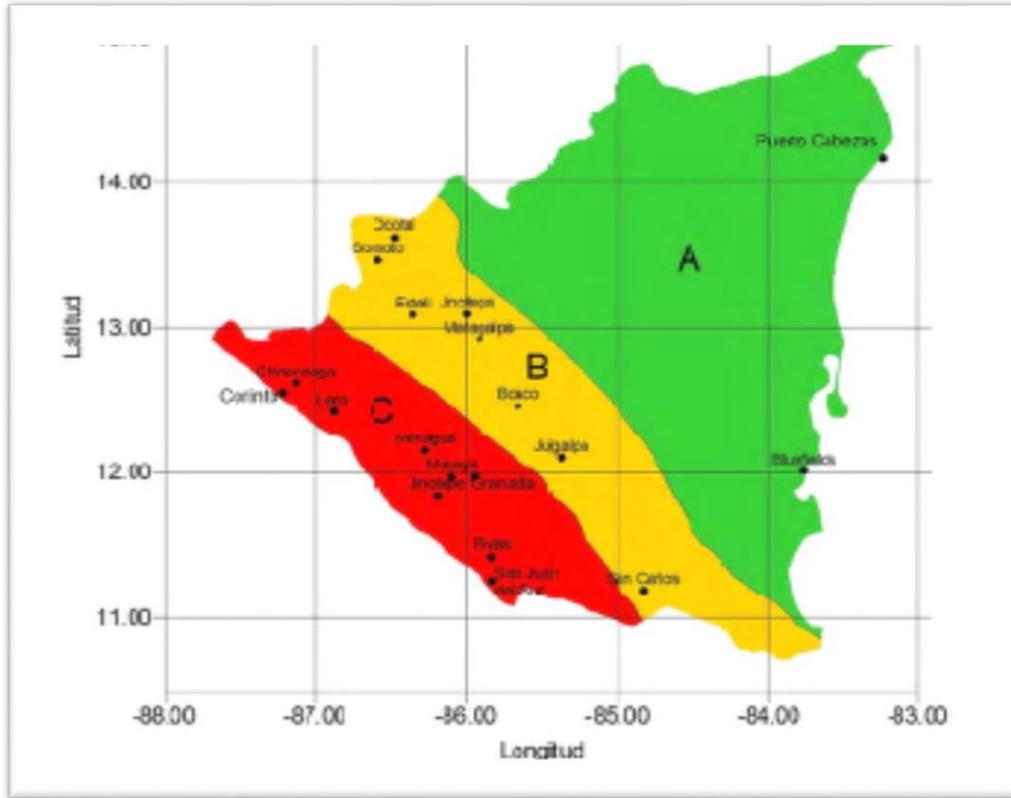


Figura No. 6 Zonificación sísmica de Nicaragua

Tabla No. 4 Resistencias a la compresión según RNC

Normas	Tipo de bloque	Capacidad a la compresión(Kg/cm ²)
RNC	Zona C y 3 de viento	55
	Zona B	45
	Zona A	40

Fuente: RNC 2007

El cálculo de la resistencia a la compresión para los bloques se efectúa con la siguiente fórmula:

$$S = \frac{P}{A_{Neta}}$$

Donde; S= Resistencia a la compresión

P= Carga máxima aplicada al bloque

A_{Neta} = es el área del bloque

5.2.5.1. Varianza y desviación estándar¹⁷

La varianza y la desviación estándar son medidas estadísticas de dispersión para evaluar que tan lejos están los puntos de datos individuales de la media o promedio de un conjunto de datos.

5.3. Análisis de costos¹⁸

Tiene como objetivo en esta etapa ordenar y sistematizar la información de carácter monetario que proporcionarán las etapas anteriores.

La sistematización de la información consiste en identificar y ordenar todos los ítems de inversiones, costos e ingresos que pueden reducirse de los estudios previos.

La evaluación en esta etapa hace uso de los indicadores necesarios.

¹⁷ Anexo VI. Varianza y desviación estándar.

¹⁸ Anexo VII. Análisis de costos.

VI. ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

METODOLOGÍA Y DESARROLLO DEL TEMA

6.1. Metodología utilizada

La metodología se basa en un análisis completo del proyecto cubriendo los siguientes aspectos.

La investigación abarca el aspecto de campo como el aspecto bibliográfico, se revisaron las siguientes fuentes de información: la biblioteca de la Universidad Nacional de Ingeniería Recinto Universitario Augusto Cesar Sandino (UNI-RUACS) y la herramienta de búsqueda el internet.

Se realizaron diversas visitas de campo a distintos beneficios de café de la zona norte y se recaudó información necesaria para su completo estudio, además de entrevistas a trabajadores del área de producción y administración de los beneficios.

Se evaluaron las propiedades de los bloques a través de la prueba de la resistencia a la compresión regida por el Reglamento Nacional de la Construcción para la zona B del país, así como también sus costos de producción y precio de venta.

6.2. Resultados de pruebas de laboratorio

En este capítulo se describen los resultados obtenidos de las diferentes pruebas físicas y mecánicas esenciales de los agregados utilizados, la resistencia a la compresión de los bloques de bíoconcreto y concreto, y el estudio de costo que se realizó.

6.2.1. Pesos unitarios secos sueltos y secos compactos de los agregados¹⁹

Tabla No. 5 Pesos unitarios secos sueltos y secos compactos

Agregado: Arena Procedencia: Río Macuelizo				
Ensaye No.	1	2	3	
Volumen del molde (m ³)	0.00329			
Peso del molde (Kg)	4			
Peso del agregado suelto + molde (Kg)	8.65	8.53	8.52	
Peso del agregado suelto en el molde (Kg)	4.65	4.53	4.52	
Peso volumétrico seco suelto (Kg/m ³)	1412.77	1375.99	1373.56	
Peso volumétrico promedio seco suelto (Kg/m ³)	1387.44			
Peso del agregado compacto + molde (Kg)	8.93	8.89	8.91	
Peso del agregado compacto en el molde (Kg)	4.93	4.89	4.91	
Peso volumétrico seco compacto (Kg/m ³)	1497.26	1486.32	1492.40	
Peso volumétrico promedio seco compacto (Kg/m ³)	1492.00			

Práctica realizada en el laboratorio de materiales de construcción UNI-RUACS

La tabla No.5 indica que la arena del Río Macuelizo una vez ya compactada es 7.54% mayor en peso de la unidad de volumen que la misma arena sin compactar.

¹⁹ Anexo I. Determinación de los pesos unitarios secos sueltos y secos compactos de los agregados.

Tabla No. 6 Pesos unitarios secos sueltos y secos compactos

Agregado: Material cero Procedencia: Pedrera en Estelí			
Ensaye No.	1	2	3
Volumen del molde (m ³)	0.00329		
Peso del molde (Kg)	4		
Peso del agregado suelto + molde (Kg)	8.39	8.39	8.38
Peso del agregado suelto en el molde (Kg)	4.39	4.39	4.38
Peso volumétrico seco suelto (Kg/m ³)	1333.13	1334.04	1331.61
Peso volumétrico promedio seco suelto (Kg/m ³)	1332.93		
Peso del agregado compacto + molde (Kg)	8.87	8.95	9.00
Peso del agregado compacto en el molde (Kg)	4.87	4.95	5.00
Peso volumétrico seco compacto (Kg/m ³)	1479.03	1504.56	1520.36
Peso volumétrico promedio seco compacto (Kg/m ³)	1501.32		

Práctica realizada en el laboratorio de materiales de construcción UNI-RUACS

La tabla No.6 indica que el material cero del banco “La Pedrera” en Estelí una vez ya compactado es 12.63% mayor en peso de la unidad de volumen que el mismo material cero sin compactar.

6.2.2. Contenido de humedad²⁰

Tabla No. 7 Contenido de humedad de los agregados

Datos	Arena	Material cero	Cascarilla de café natural	Cascarilla de café molida
Ensaye No.	1	1	1	1
Peso de tara (gr)	503	503	509	509
Peso de tara + agregado húmedo (gr)	1003	1003	1367	1526
Peso de agregado húmedo (gr)	500	500	858	1017
Peso de tara + agregado seco (gr)	981	978	1286	1448
Peso de agregado seco (gr)	478	475	777	939
Contenido de humedad (%)	4.60	5.26	10.42	8.31

Práctica realizada en el laboratorio de materiales de construcción UNI-RUACS

Esta práctica se realizó en el mes de agosto del 2011.

La tabla No. 7 muestra el contenido de humedad que poseen las muestras al momento del ensaye expresado en porcentaje.

La cascarilla de café natural es la muestra con mayor porcentaje de agua. Tiene 126.52% más que el de la arena.

La cascarilla de café natural tiene 25.39% más agua que la cascarilla de café molida.

²⁰ Anexo II. Determinación del contenido de humedad.

La cascarilla de café molida contiene 80.65% más agua que la arena.

El material cero contiene 14.35% de agua más que la arena.

6.2.3. Gravedad específica y porcentaje de absorción del agregado fino²¹

Tabla No. 8 Gravedad específica de la arena y material cero

Datos	Arena	Material cero
C= Peso del frasco seco y limpio (gr)	186.43	186.43
B= Peso de la muestra en condición Saturada Superficialmente Seca (gr)	500	500
d= Peso del frasco + la muestra + el agua (gr)	992.15	985.7
A= Peso seco del agregado (gr)	496.14	459.83
Gravedad Específica (GE)	2.55	2.29
Gravedad Específica Saturado Superficialmente Seco	2.57	2.49
Gravedad Específica Aparente (Gea)	2.61	2.86
Porcentaje de absorción	0.78%	8.74%

Práctica realizada en el laboratorio de materiales de construcción UNI-RUACS

La tabla No. 8 indica que el material cero tiene mayor porcentaje de absorción que la arena, o en otras palabras que mayor cantidad de agua penetran los poros del material cero que los de la arena.

²¹ Anexo III. Determinación de la gravedad específica y porcentaje de absorción del agregado fino

6.2.4. Impurezas orgánicas en el agregado fino²²

Se hizo una comparación visual del color del líquido por encima de las muestras de arena y material cero, ambas mostraron el color similar al No. 1 de la placa orgánica de colores (color estándar No.5).

Ambos agregados pueden ser utilizados para concreto o mortero por estar dentro de un color permisible dentro de la escala de vidrios de color normalizado.



Figura No. 7 Muestras con hidróxido de sodio en las botellas de vidrio

²² Anexo IV. Determinación de las impurezas orgánicas en el agregado fino.

6.2.5. Análisis Granulométrico²³

Tabla No. 9 Análisis granulométrico de los agregados

% Que pasa (Tamiz)	Arena de Macuelizo	Material Cero de "La Pedrera"	Cascarilla de Café Natural	Cascarilla de Café Molida
3/8" (9.52 mm)	99.01	100	100	100
No.4 (4.75 mm)	92.87	92.57	96.67	95.20
No.8 (2.38 mm)	72.82	56.26	44.85	75.60
No.16 (1.19 mm)	46.44	34.18	11.42	43.76
No.30 (0.59 mm)	24.26	20.38	2.55	16.66
No.50 (0.297 mm)	4.82	9.55	0.46	3.31
No.100 (0.149 mm)	0.80	5.10	0.08	0.33
No.200 (0.075 mm)	0.06	1.70	0	0
MF	3.59	3.82	4.44	3.65

Práctica realizada en el laboratorio de materiales de construcción UNI-RUACS

D_{10} = Tamaño correspondiente al que pasa por 10%

D_{30} = Tamaño correspondiente al que pasa por 30%

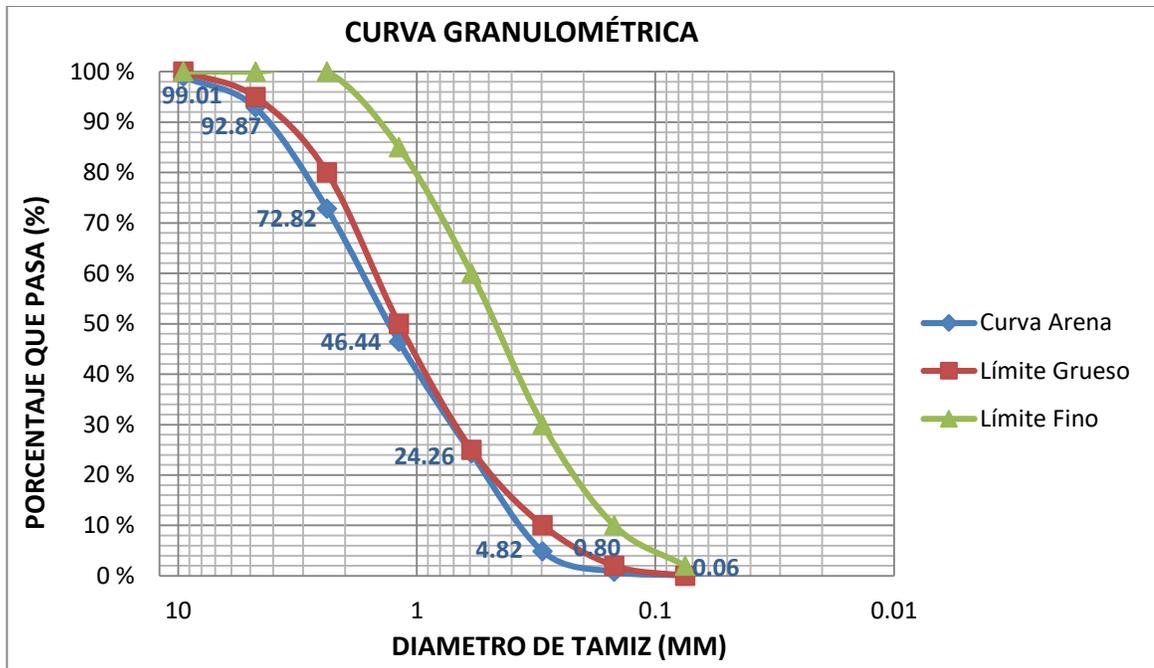
D_{60} = Tamaño correspondiente al que pasa por 60%

C_U = Coeficiente de uniformidad

C_C = Coeficiente de curvatura

MF = Módulo de finura

²³ Anexo V. Determinación del análisis granulométrico de los áridos.



Gráfica No. 1 Curva Granulométrica de la arena del Río Macuelizo

$$D_{10} = 0.38$$

$$D_{30} = 0.71$$

$$D_{60} = 1.8$$

$$C_U = 4.74$$

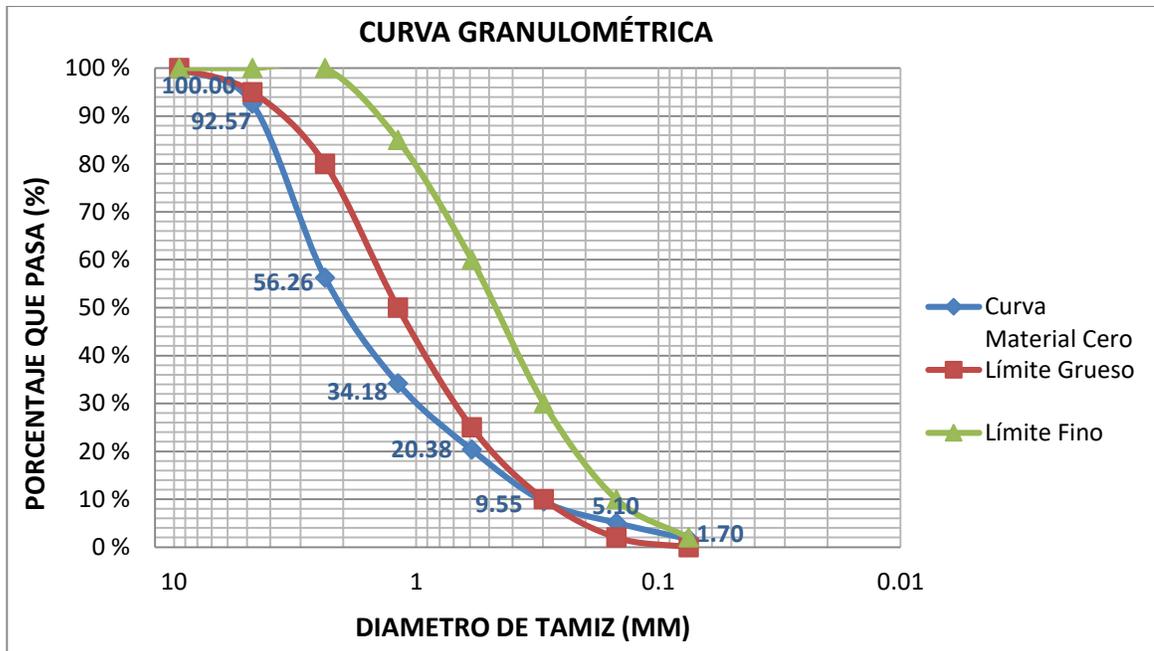
$$C_C = 0.74$$

$$MF = 3.59$$

La gráfica No. 1 muestra que la arena está por arriba del límite grueso que establece las normas ASTM C33 de los porcentajes que pasan por los tamices, cumpliendo únicamente en el tamiz No. 200 (0.075 mm).

Su módulo de finura está por arriba del máximo que se establece (2.30 - 3.10 \pm 0.20).

El coeficiente de curvatura al ser menor a 5 se considera un suelo uniforme, en otras palabras mal graduado con falta de tamaños intermedios.



Gráfica No. 2 Curva Granulométrica del material cero de "La Pedrera" Estelí

$$D_{10} = 0.32$$

$$D_{30} = 1.1$$

$$D_{60} = 2.7$$

$$C_u = 8.44$$

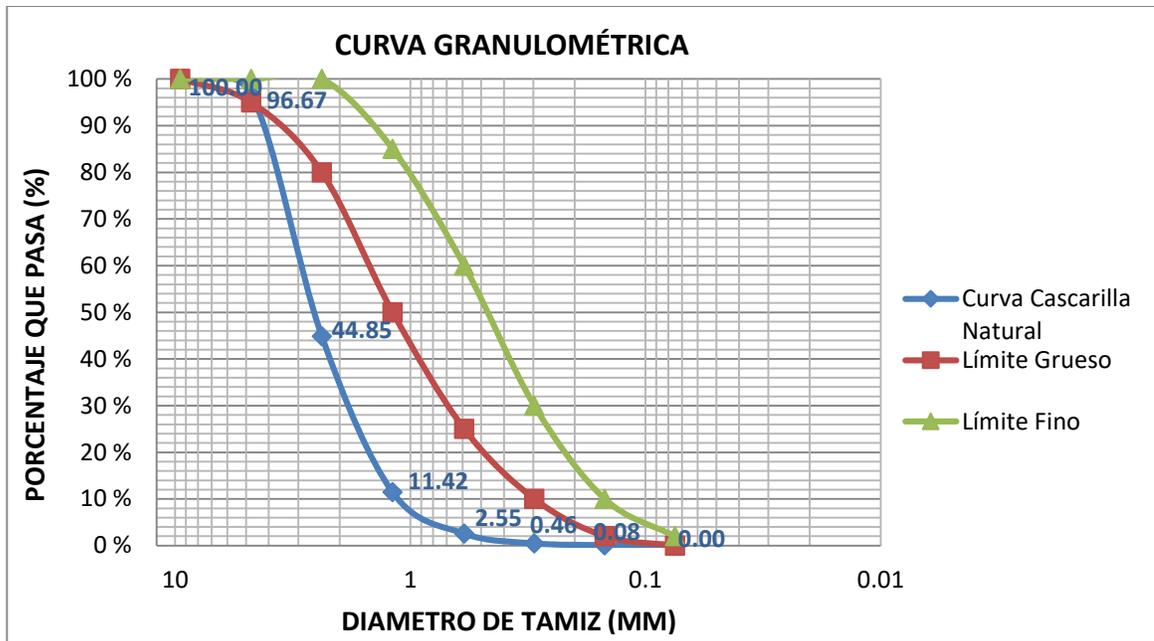
$$C_c = 1.40$$

$$MF = 3.82$$

La gráfica No. 2 muestra que el material cero estuvo fuera de los límites que establece las normas ASTM C33 de los porcentajes que pasan por los tamices, exceptuando los tamices No. 100 (0.149 mm) y No. 200 (0.075 mm).

Su módulo de finura está por arriba del máximo que se establece (2.30 - 3.10 ± 0.20) y es 6.41% mayor que el de la arena.

El coeficiente de curvatura del material cero fue mayor que 5, esto se considera como un suelo bien graduado de tamaños intermedios.



Gráfica No. 3 Curva Granulométrica de la cascarilla de café en estado natural

$D_{10} = 1.2$

$D_{30} = 1.9$

$D_{60} = 2.9$

$C_U = 2.42$

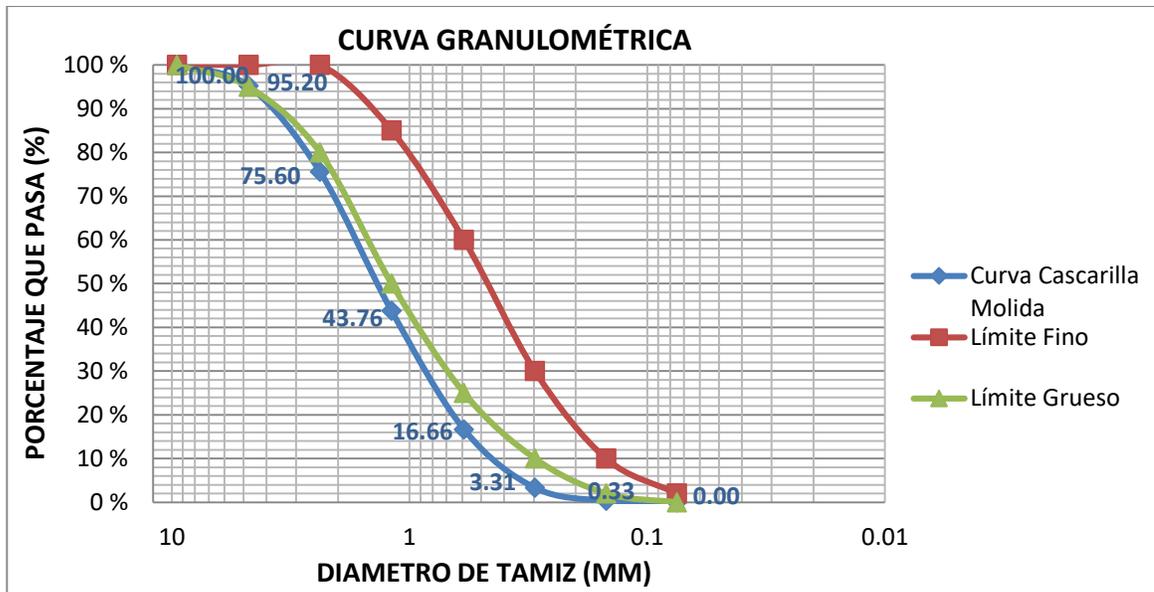
$C_c = 1.04$

$MF = 4.44$

La gráfica No. 3 muestra el comportamiento en los tamices de la cascarilla de café en estado natural.

En los tamices 3/8" (9.52 mm) y No.4 (4.75 mm) cumplió los parámetros del porcentaje que pasa por tamiz de la norma ASTM C33.

Su módulo de finura está por arriba del máximo que se establece (2.30 - 3.10 ± 0.20) y es 23.68% mayor que el de la arena y 16.23% mayor que el del material cero.



Gráfica No. 4 Curva Granulométrica de la cascarilla de café molida

$$D_{10} = 0.45$$

$$D_{30} = 0.88$$

$$D_{60} = 1.75$$

$$C_U = 3.89$$

$$C_C = 0.98$$

$$MF = 3.65$$

La gráfica No. 4 muestra la cascarilla de café molida y su comportamiento en los tamices.

En los tamices 3/8" (9.52 mm) No.4 (4.75 mm) y No. 200 (0.075 mm) cumplió los parámetros del porcentaje que pasa por tamiz de la norma ASTM C33.

Su módulo de finura está por arriba del máximo que se establece (2.30 - 3.10 ±0.20) y es 1.67% mayor que el de la arena, 4.66% menor que el del material cero y 21.64% menor que el de la cascarilla de café en estado natural.

6.3. Prueba de resistencia a la compresión

Los bloques fueron sometidos a la prueba de resistencia a la compresión en el laboratorio de materiales de construcción de la Universidad Nacional de Ingeniería UNI-RUACS a los catorce y veintiocho días de fraguado.

La resistencia a la compresión se realizó con la siguiente fórmula:

$$S=P/A$$

Dónde;

S = Resistencia a la compresión

P = Carga máxima aplicada al bloque

A_{Neta} = es el área del bloque

$$A_{Neta} = 397 \text{ cm}^2$$

También se realizó el cálculo de la varianza (σ^2) y la desviación estándar (σ) de cada ensaye por dosificación con el objetivo de conocer la media de las diferencias entre los datos y medir cuanto se separan entre sí.

Tabla No. 10 Resistencia a la compresión de los bloques de bíoconcreto con cascarilla de café en estado natural curados en 14 días

Dosificación	Carga 14 días (Kg)	Resistencia (Kg/cm²)	Varianza	Desv. Estándar
1:3.6:0.4:2	11871.00	29.90	15.16	3.89
	14098.00	35.51		
	13694.00	34.49		
	9641.00	24.28		
	12938.00	32.59		
	11057.00	27.85		
PROMEDIO	12216.50	30.77		
1:3.2:0.8:2	5650.00	14.23	11.13	3.34
	6461.00	16.27		
	9456.00	23.82		
	7699.00	19.39		
	8489.00	21.38		
	6356.00	16.01		
PROMEDIO	7351.83	18.52		
1:2.8:1.2:2	5627.00	14.17	0.32	0.57
	5930.00	14.94		
	5872.00	14.79		
	6156.00	15.51		
	5540.00	13.95		
	5558.00	14.00		
PROMEDIO	5780.50	14.56		
1:2.7:0.3:3	17326.00	43.64	23.83	4.88
	14471.00	36.45		
	17850.00	44.96		
	13003.00	32.75		
	13078.00	32.94		
	13974.00	35.20		
PROMEDIO	14950.33	37.66		

Dosificación	Carga 14 días (Kg)	Resistencia (Kg/cm ²)	Varianza	Desv. Estándar
1:2.4:0.6:3	6915.00	17.42	15.26	3.91
	5265.00	13.26		
	8100.00	20.40		
	9326.00	23.49		
	5299.00	13.35		
	8492.00	21.39		
PROMEDIO	7232.83	18.22		
1:2.1:0.9:3	7801.00	19.65	6.81	2.61
	5654.00	14.24		
	7236.00	18.23		
	7560.00	19.04		
	5370.00	13.53		
	5455.00	13.74		
PROMEDIO	6512.67	16.40		

Práctica realizada en el laboratorio de materiales de construcción UNI-RUACS

Se evaluó la resistencia a 14 días para ver el comportamiento que tienen entre dos períodos de fraguado, uno es catorce días y el otro veintiocho días, la mayor resistencia promedio obtenida a los catorce días pertenece a la dosificación 1:2.7:0.3:3 con 37.66 Kg/cm².

Tabla No. 11 Resistencia a la compresión de los bloques de bioconcreto con cascarilla de café en estado natural curados en 28 días

Dosificación	Carga 28 días (Kg)	Resistencia (Kg/cm ²)	Incremento Resistencia (14 – 28 días)	Varianza	Desv. Estándar
1:3.6:0.4:2	14720.00	37.08	24.24%	34.01	5.83
	17059.00	42.97			
	18076.00	45.53			
	11184.00	28.17			
	16431.00	41.39			
	13600.00	34.26			
PROMEDIO	15178.33	38.23			
1:3.2:0.8:2	6972.00	17.56	22.30%	14.87	3.86
	7560.00	19.04			
	11158.00	28.11			
	9778.00	24.63			
	10357.00	26.09			
	8123.00	20.46			
PROMEDIO	8991.33	22.65			
1:2.8:1.2:2	6696.00	16.87	22.18%	0.29	0.54
	7401.00	18.64			
	7105.00	17.90			
	7079.00	17.83			
	7147.00	18.00			
	6948.00	17.50			
PROMEDIO	7062.67	17.79			
1:2.7:0.3:3	20964.00	52.81	23.07%	33.13	5.76
	18233.00	45.93			
	21956.00	55.30			
	16384.00	41.27			
	16086.00	40.52			
	16769.00	42.24			
PROMEDIO	18398.67	46.34			

Dosificación	Carga 28 días (Kg)	Resistencia (Kg/cm ²)	Incremento Resistencia (14 – 28 días)	Varianza	Desv. Estándar
1:2.4:0.6:3	8091.00	20.38	25.33%	34.61	5.88
	5949.00	14.98			
	10368.00	26.12			
	12031.00	30.30			
	6571.00	16.55			
	11379.00	28.66			
PROMEDIO	9064.83	22.83			
1:2.1:0.9:3	9580.00	24.13	25.23%	6.82	2.61
	7463.00	18.80			
	8973.00	22.60			
	8921.00	22.47			
	7088.00	17.85			
	6911.00	17.41			
PROMEDIO	8156.00	20.54			

Práctica realizada en el laboratorio de materiales de construcción UNI-RUACS

Los bloques de la dosificación 1:2.7:0.3:3 de bioconcreto con cascarilla de café en estado natural curados en veintiocho días obtuvieron el mejor promedio de resistencia a la compresión de 46.34 Kg/cm² una resistencia apta por el RNC para la zona B.

La dosificación 1:2.7:0.3:3 curada en 28 días aumentó su promedio de resistencia a la compresión en 23.07% con respecto a la misma dosificación curada en 14 días.

Tabla No. 12 Resistencia a la compresión de los bloques de bioconcreto con cascarilla de café molida curados en 14 días

Dosificación	Carga 14 días (Kg)	Resistencia (Kg/cm²)	Varianza	Desv. Estándar
1:3.6:0.4:2	8061	20.30	7.86	2.80
	8881	22.37		
	11513	29.00		
	8802	22.17		
	8575	21.60		
	9583	24.14		
PROMEDIO	9235.83	23.26		
1:3.2:0.8:2	5929	14.93	2.23	1.49
	4992	12.57		
	6178	15.56		
	6436	16.21		
	6761	17.03		
	6663	16.78		
PROMEDIO	6159.83	15.52		
1:2.8:1.2:2	3510	8.84	0.59	0.77
	4441	11.19		
	3769	9.49		
	4036	10.17		
	3725	9.38		
	3656	9.21		
PROMEDIO	3856.17	9.71		
1:2.7:0.3:3	10856	27.35	31.62	5.62
	10015	25.23		
	15593	39.28		
	14335	36.11		
	15822	39.85		
	14058	35.41		
PROMEDIO	13446.50	33.87		

Dosificación	Carga 14 días (Kg)	Resistencia (Kg/cm ²)	Varianza	Desv. Estándar
1:2.4:0.6:3	6005	15.13	6.72	2.59
	6048	15.23		
	8524	21.47		
	7930	19.97		
	7895	19.89		
	6264	15.78		
PROMEDIO	7111.00	17.91		
1:2.1:0.9:3	4331	10.91	2.09	1.44
	4947	12.46		
	3391	8.54		
	4603	11.59		
	5192	13.08		
	4668	11.76		
PROMEDIO	4522.00	11.39		

Práctica realizada en el laboratorio de materiales de construcción UNI-RUACS

La mayor resistencia promedio a la compresión es de 33.87 Kg/cm² de la dosificación 1:2.7:0.3:3 de los bloques curados en 14 días.

Tabla No. 13 Resistencia a la compresión de los bloques de bioconcreto con cascarilla de café molida curados en 28 días

Dosificación	Carga 28 días (Kg)	Resistencia (Kg/cm ²)	Incremento Resistencia (14 – 28 días)	Varianza	Desv. Estándar
1:3.6:0.4:2	9431	23.76	19.63%	11.79	3.43
	11012	27.74			
	13585	34.22			
	10800	27.20			
	9775	24.62			
	11691	29.45			
PROMEDIO	11049.00	27.83			
1:3.2:0.8:2	6937	17.47	21.26%	3.12	1.77
	6240	15.72			
	7537	18.98			
	7788	19.62			
	8384	21.12			
	7929	19.97			
PROMEDIO	7469.17	18.81			
1:2.8:1.2:2	4072	10.26	23.06%	1.00	1.00
	5325	13.41			
	5088	12.82			
	4762	11.99			
	4582	11.54			
	4643	11.70			
PROMEDIO	4745.33	11.95			
1:2.7:0.3:3	13353	33.63	21.53%	57.14	7.56
	11885	29.94			
	19023	47.92			
	16772	42.25			
	20567	51.81			
	16448	41.43			
PROMEDIO	16341.33	41.16			

Dosificación	Carga 28 días (Kg)	Resistencia (Kg/cm ²)	Incremento Resistencia (14 – 28 días)	Varianza	Desv. Estándar
1:2.4:0.6:3	7266	18.30	19.70%	8.85	2.97
	7500	18.89			
	10144	25.55			
	9199	23.17			
	9632	24.26			
	7329	18.46			
PROMEDIO	8511.67	21.44			
1:2.1:0.9:3	5544	13.96	22.74%	4.05	2.01
	5837	14.70			
	3934	9.91			
	5938	14.96			
	6542	16.48			
	5508	13.87			
PROMEDIO	5550.50	13.98			

Práctica realizada en el laboratorio de materiales de construcción UNI-RUACS

Los bloques de la dosificación 1:2.7:0.3:3 de bioconcreto con cascarilla de café molida curados en veintiocho días obtuvieron el mejor promedio de resistencia a la compresión con 41.16 Kg/cm² logrando aumentar su resistencia en 21.53% en comparación con la misma dosificación curados en 14 días, este valor está por debajo de lo que exige el RNC para la zona norte (zona B) que son 45 Kg/cm².

Tabla No. 14 Mayores promedios de resistencia a la compresión de dosificaciones de bíocemento curados en 14 días

Dosificación	Tipo de Cascarilla	\bar{X} (Kg/cm ²)	Varianza	Desv. Estándar	RNC
1:3.6:0.4:2	Natural	30.77	15.16	3.89	No cumple
1:3.6:0.4:2	Molida	23.26	7.86	2.80	No cumple
1:2.7:0.3:3	Natural	37.66	23.83	4.88	No cumple
1:2.7:0.3:3	Molida	33.87	31.62	5.62	No cumple

Las dosificaciones 1:3.6:0.4:2 y 1:2.7:0.3:3 fueron las dosificaciones que obtuvieron mejores promedios de resistencia a la compresión curados a catorce días, tanto para la dosificación con cascarilla natural como molida, ninguna cumple con el RNC debido al poco tiempo de curado.

Tabla No. 15 Mayores promedios de resistencia a la compresión de dosificaciones de bíocemento curados en 28 días

Dosificación	Tipo de Cascarilla	\bar{X} (Kg/cm ²)	Varianza	Desv. Estándar	RNC
1:3.6:0.4:2	Natural	38.23	34.01	5.83	No cumple
1:3.6:0.4:2	Molida	27.83	11.79	3.43	No cumple
1:2.7:0.3:3	Natural	46.34	33.13	5.76	Si cumple
1:2.7:0.3:3	Molida	41.16	57.14	7.56	No cumple

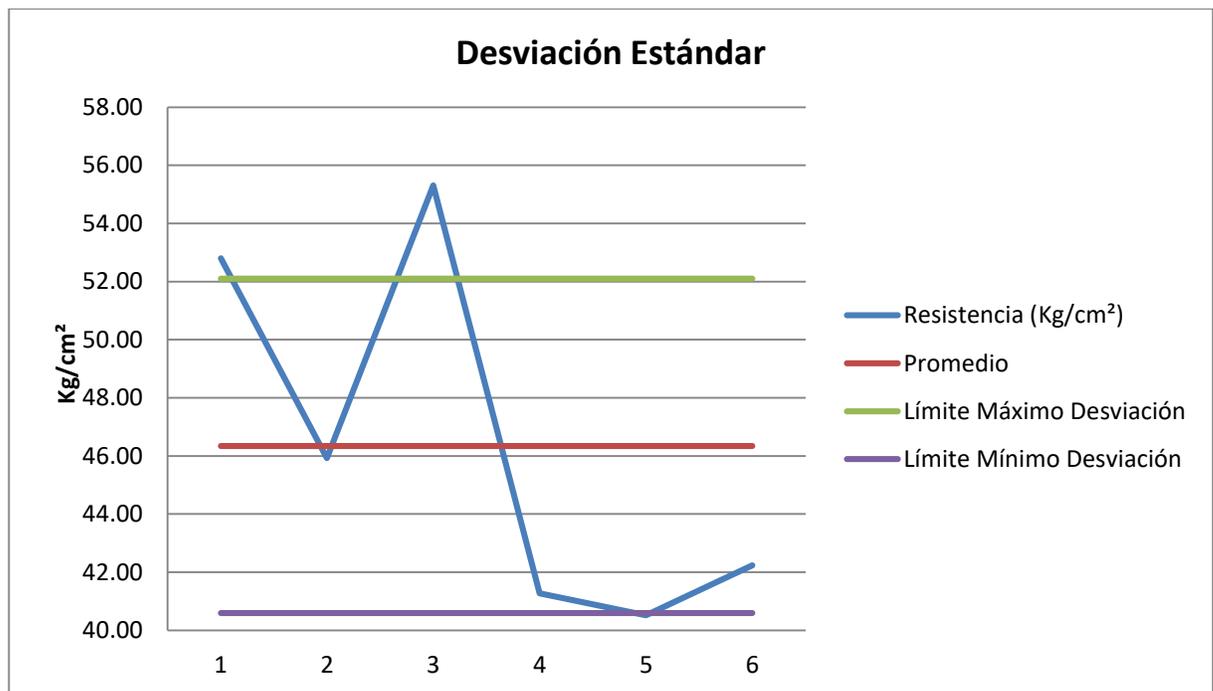
La tabla No. 15 presenta las dosificaciones de bíocemento que obtuvieron mayores promedios de resistencia a la compresión curados en veintiocho días, la dosificación que si cumple los parámetros establecidos por el RNC para la zona B de Nicaragua es la dosificación de bíocemento con cascarilla de café natural 1:2.7:0.3:3 con 46.34 Kg/cm².

Tabla No. 16 Dosificación de bioconcreto con cascarilla de café que cumple con los parámetros de RNC

Dosificación	Tipo de Cascarilla	Curado	\bar{X} (Kg/cm ²)	Varianza	Desv. Estándar
1:2.7:0.3:3	Natural	28 días	46.34	33.13	5.76

La tabla No. 16 muestra la dosificación de bioconcreto que logró un promedio de resistencia a la compresión permisible para la zona B de Nicaragua según el RNC.

Esta dosificación suple en 10% a la arena por cascarilla de café en estado natural, se realizó una gráfica de su desviación estándar para entender el grado de dispersión de los datos de resistencia con respecto al valor promedio.



Gráfica No. 5 Desviación estándar dosificación 1:2.7:0.3:3 cascarilla de café natural.

Tabla No. 17 Resistencia a la compresión de los bloques de concreto curados en 14 días

Dosificación	Carga 14 días (Kg)	Resistencia (Kg/cm²)	Varianza	Desv. Estándar
1:4:2	10299	25.94	42.43	6.51
	14107	35.53		
	10230	25.77		
	16268	40.98		
	15549	39.17		
	10356	26.09		
PROMEDIO	12801.50	32.25		
1:3:3	11302	28.47	33.62	5.80
	12825	32.30		
	10786	27.17		
	17344	43.69		
	12766	32.16		
	15466	38.96		
PROMEDIO	13414.83	33.79		

Práctica realizada en el laboratorio de materiales de construcción UNI-RUACS

Los bloques de la dosificación de concreto 1:3:3 curados en catorce días fueron los que obtuvieron mejor promedio de resistencia a la compresión entre ambas dosificaciones, obteniendo un promedio de resistencia de 33.79 Kg/cm², siendo mayor un 4.78% que la dosificación 1:4:2.

Tabla No. 18 Resistencia a la compresión de los bloques de concreto curados en 28 días

Dosificación	Carga 28 días (Kg)	Resistencia (Kg/cm²)	Incremento Resistencia (14 – 28 días)	Varianza	Desv. Estándar
1:4:2	14832	37.36	38.96%	45.72	6.76
	19185	48.32			
	14015	35.30			
	21148	53.27			
	20369	51.31			
	17186	43.29			
PROMEDIO	17789.17	44.81			
1:3:3	16275	40.99	37.54%	36.80	6.07
	18468	46.52			
	15855	39.94			
	23242	58.54			
	18000	45.34			
	18864	47.52			
PROMEDIO	18450.67	46.48			

Práctica realizada en el laboratorio de materiales de construcción UNI-RUACS

Los bloques de la dosificación de concreto 1:3:3 curados en veintiocho días fueron los que obtuvieron mejor promedio de resistencia a la compresión, siendo de 46.48 Kg/cm² la cual es permitida para la zona B de Nicaragua según RNC.

La diferencia de promedios entre ambas dosificaciones es de 3.73%.

Tabla No. 19 Resistencia a la compresión de bloques de concreto del centro de materiales de construcción CEMACON curados en 28 días

Dosificación	Carga 28 días (Kg)	Resistencia (Kg/cm²)	Varianza	Desv. Estándar
1:10:4	6102	15.37	4.20	2.05
	5585	14.07		
	8150	20.53		
	6535	16.46		
	6178	15.56		
	6931	17.46		
PROMEDIO	6580.17	16.57		

Práctica realizada en el laboratorio de materiales de construcción UNI-RUACS

El promedio de resistencia a la compresión de los bloques que vende CEMACON en la ciudad de Estelí no logró alcanzar la resistencia requerida para la zona de Estelí (zona B) según el RNC.

Tabla No. 20 Resistencia a la compresión de bloques de concreto de ladrillería Lina curados en 28 días

Dosificación	Carga 28 días (Kg)	Resistencia (Kg/cm ²)	Varianza	Desv. Estándar
1:8:4	12247	30.85	3.72	1.93
	12481	31.44		
	10668	26.87		
	11742	29.58		
	12047	30.35		
	10487	26.42		
PROMEDIO	11612.00	29.25		
1:8.5:5.5	7832	19.73	7.65	2.77
	8200	20.65		
	9874	24.87		
	8640	21.76		
	10492	26.43		
	10600	26.70		
PROMEDIO	9273.00	23.36		

Práctica realizada en el laboratorio de materiales de construcción UNI-RUACS

El promedio de resistencia a la compresión de los bloques que vende ladrillería Lina no cumple con el requerimiento del RNC para la zona B de Nicaragua.

Tabla No. 21 Mayores promedios de resistencia a la compresión de dosificaciones de concreto curados en 28 días

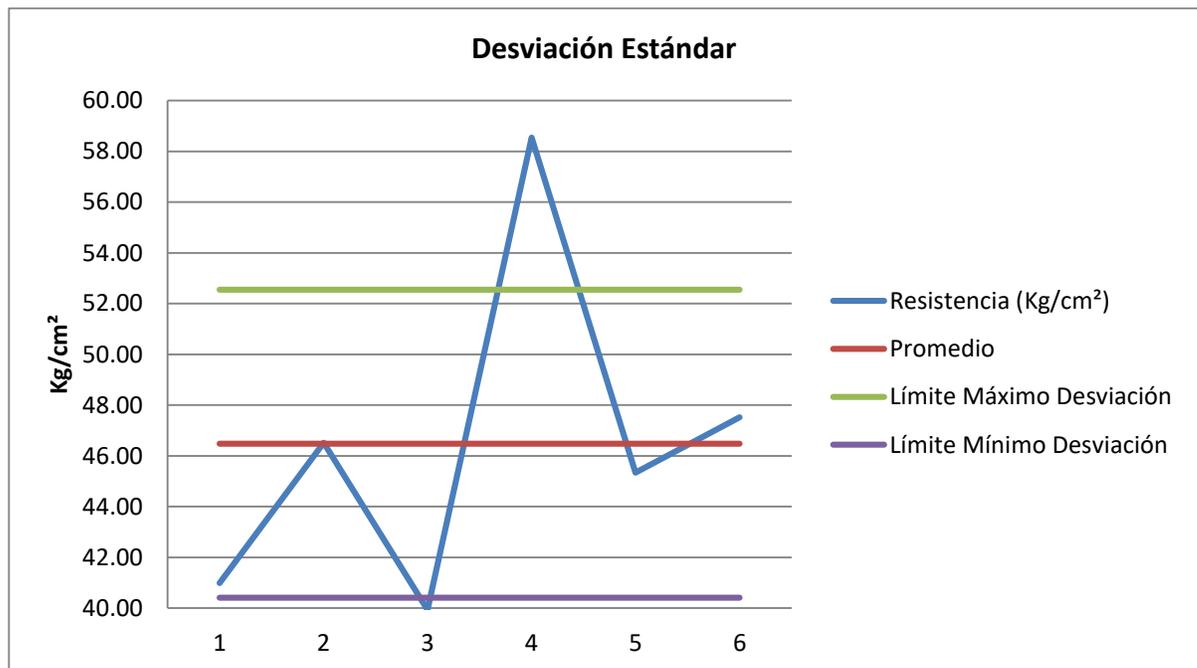
Dosificación	\bar{X} (Kg/cm ²)	Varianza	Desv. Estándar	RNC
1:3:3	46.48	36.80	6.07	Si cumple
1:8:4	29.25	3.72	1.93	No cumple
1:8.5:5.5	23.36	7.65	2.77	No cumple

Tabla No. 22 Dosificación de concreto que cumple con los parámetros de RNC

Dosificación	Curado	\bar{X} (Kg/cm ²)	Varianza	Desv. Estándar
1:3:3	28 días	46.48	36.80	6.07

En la tabla No. 22 se muestra la dosificación de concreto que logró una resistencia promedio que cumple con las normas del RNC para la zona B de Nicaragua.

Se realizó una gráfica de su desviación estándar para entender el grado de dispersión de los datos de resistencia con respecto al valor promedio.



Gráfica No. 6 Desviación estándar dosificación 1:3:3 concreto.

Tabla No. 23 Dosificación de bioconcreto 1:2.7:0.3:3 versus dosificaciones que se ofertan en la ciudad de Estelí

Dosificación	Curado	\bar{X} (Kg/cm²)	Varianza	Desv. Estándar
1:2.7:0.3:3	28 días	46.34	33.13	5.76
1:10:4	28 días	16.57	4.20	2.05
1:8:4	28 días	29.25	3.72	1.93
1:8.5:5.5	28 días	23.36	7.65	2.77

La tabla No. 23 compara el promedio de resistencia a la compresión de la dosificación de bioconcreto 1:2.7:0.3:3 con cascarilla de café natural con las resistencias a la compresión de las dosificaciones que ofertan dos bloqueras de la ciudad de Estelí.

La dosificación de bioconcreto 1:2.7:0.3:3 con cascarilla de café natural es 179.66% mayor su promedio de resistencia a la compresión en comparación a la dosificación 1:10:4, 58.43% mayor que la de 1:8:4 y 98.37% que la dosificación 1:8.5:5.5.

6.4. Costos variables²⁴

Se calculó los costos variables de los bloques que obtuvieron un promedio de resistencia a la compresión admisible por RNC.

Los precios de los siguientes materiales fueron cotizados en córdoba en el mes de marzo del 2015 en la Ciudad de Estelí - Nicaragua y están sujetos a cambios según región o futuro incremento, cambio de córdobas por un (1) dólar USD en el día diecisiete del mes de marzo del 2015: 26.8699 Córdobas.

El precio de adquisición por la cascarilla fue de C\$ 191.67 el metro cúbico. Se detalla el costo en el anexo VIII.

Tabla No. 24 Costos variables²⁵

Dosificación	Detalle	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
1:2.7:0.3:3	Cemento	3.125 bolsas	C\$ 261.00	C\$ 815.63
	Arena	0.422 m ³	C\$ 325.00	C\$ 137.15
	Material Cero	0.469 m ³	C\$ 325.00	C\$ 152.43
	Cascarilla de café Natural	0.047 m ³	C\$ 191.67	C\$ 9.01
	Total			C\$ 1114.21
1:3:3	Cemento	3.125 bolsas	C\$ 261.00	C\$ 815.63
	Arena	0.469 m ³	C\$ 325.00	C\$ 152.43
	Material Cero	0.469 m ³	C\$ 325.00	C\$ 152.43
	Total			C\$ 1120.48

La dosificación que obtuvo el costo variable más alto fue la 1:3:3, esto obedece a que la dosificación posee mayor cantidad de arena con respecto a la dosificación de bioconcreto con cascarilla de café natural que presentó el menor precio en el costo para su realización ya que esta dosificación ahorra 10% de arena que es reemplazada por cascarilla de café en estado natural y el costo de esta de última es menor al de la arena.

²⁴ Anexo VII. Análisis de costos.

²⁵ Anexo VIII. Volumen de mezcla.

6.5. Costos fijos

Tabla No. 25 Costos fijos de mes

Detalles	Costo C\$
Gastos de venta	200
Gastos de Insumos	590
Gastos Administrativos	4638.91
Depreciación de Equipo	210
Depreciación de Herramientas	4716.33
Total	10355.24

6.6. Precios de venta

Producción esperada = 84 bloques por 1 m³ para las dosificaciones siguientes que cumplieron con la normativa de resistencia a la compresión dada por el Reglamento Nacional de la Construcción para la zona B de Nicaragua.

Dosificación de bíconcreto de cascarilla en estado natural 1:2.7:0.3:3

Dosificación de concreto 1:3:3

Producción esperada por mes = 12000 bloques

CF = Costo fijo mensual

CVU = Costo variable unitario

CT = Costo total

PV = Precio de venta

CFT = Costo fijo total

CV = Costo variable

6.7. Costo total del producto

$CF = CFT / \text{producción por mes}$

$CVU = \Sigma CV / \text{No. De bloques por m}^3$

$CT = CVU + (CFT / \text{producción por mes})$

6.7.1. Porcentaje de ganancia deseado

% de ganancia de la empresa = 15%

$PV = CT + (CT * 15\% \text{ de ganancia})$

Dosificación 1:2.7:0.3:3 cascarilla natural

$CF = 0.86$

$CVU = 13.26$

$CT = 14.13$

$PV = 16.25$

Dosificación 1:3:3 concreto

$CF = 0.86$

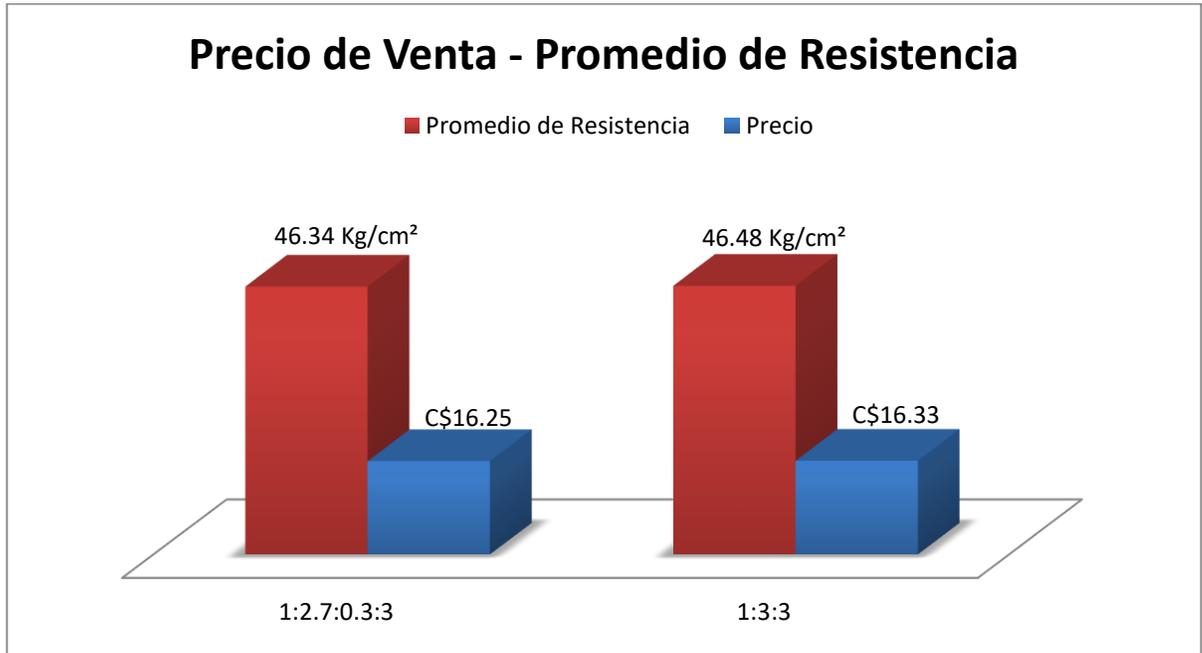
$CVU = 13.34$

$CT = 14.20$

$PV = 16.33$

Los precios de ventas reflejan la diferencia en que se ofertarían los bloques de cascarilla de café en estado natural y los bloques de concreto con un 0.49% de diferencia de precio, esto se debe a que la dosificación de concreto lleva 10% de mayor cantidad de arena en la mezcla y la dosificación de bioconcreto lleva 10% de cascarilla de café en estado natural la cual tiene un costo de compra, recolección y transporte.

6.8. Precio de venta versus promedio de resistencia a la compresión



Gráfica No. 7 Precio de venta versus promedio de resistencia a la compresión.

En la gráfica No. 7 se aprecia el resultado de las dos dosificaciones que obtuvieron promedios de resistencia admisible por el RNC para la zona B de Nicaragua.

Las columnas rojas reflejan las resistencias promedias de las dosificaciones y las columnas azules reflejan los precios de ventas de cada dosificación.

VII. CONCLUSIONES

La dosificación con cascarilla natural 1:2.7:0.3:3 curada a veintiocho días cumple con el RNC para la zona B de Nicaragua, un promedio de resistencia a la compresión de 46.34 kg/cm².

La dosificación sin cascarilla 1:3:3 curada a veintiocho días cumple con el RNC para la zona B de Nicaragua, un promedio de resistencia a la compresión de 46.48 kg/cm².

Los bloques analizados que se ofertan en la ciudad de Estelí no lograron los parámetros de resistencia a la compresión que establece el RNC.

La dosificación con cascarilla natural 1:2.7:0.3:3 logró aumentar su resistencia en 23.07% entre 14 y 28 días de curado.

La dosificación sin cascarilla 1:3:3 logró aumentar su resistencia en 37.54% entre 14 y 28 días de curado.

La cascarilla de café en estado natural para la mezcla funciona como agente reductor de costos en la fabricación de los bloques.

La resistencia de los bloques con cascarilla de café natural que alcanzaron las exigencias del RNC para la zona B, tienen un precio de venta de C\$ 16.25 y poseen mayor resistencia que los bloques comerciales que se ofertan en la ciudad de Estelí, logrando hasta 179.66% más de resistencia promedio a la compresión.

Los bloques sin cascarilla 1:3:3 tienen un precio de venta de C\$16.33 que representa 0.49% más que el precio de los bloques con cascarilla 1:2.7:0.3:3.

Los bloques realizados con cascarilla de café molida son más costosos que los mismos hechos de cascarilla natural.

El tiempo de curado de los bloques es determinante para obtener mayor resistencia a la compresión.

Los bloques con cascarilla de café natural presentaron mayor resistencia que los mismos hechos con cascarilla de café molida.

Entre mayor cantidad de cascarilla menor resistencia.

El agregado que posee mayor cantidad de agua es la cascarilla de café en estado natural con un contenido de humedad de 10.42% y la cascarilla de café molida con 8.31%.

El material cero usado en la mezcla obtuvo un porcentaje de absorción mayor al de la arena, siendo de 8.74% y el de la arena de 0.78%, esto indica que el material cero es un material más poroso.

La arena y material cero usado en los bloques son agregados libres de componentes orgánicos perjudiciales a la mezcla.

Al realizar la mezcla de bióconcreto se tomó en cuenta que la cascarilla de café natural y molida contienen mayor cantidad de agua que la arena.

El material usado con las partículas más finas fue la arena con un módulo de finura de 3.59 y la cascarilla de café molida con 3.65.

La arena y material cero no cumplen las normas para agregado fino que establece el ASTM C33.

VIII. RECOMENDACIONES

Si usa más del diez por ciento de cascarilla de café sustituidos por arena en las dosificaciones, su resistencia irá disminuyendo.

El curado debe ser contemplado para veintiocho días, ya que así asegura obtener mayor resistencia una vez que el bloque este seco completamente.

Realizar las mezclas con áridos finos que cumplan las normas ASTM C33.

Ser constante con las pruebas de porcentaje de humedad para mantener la calidad del producto.

Elaborar mezcla para bloques con mucho cuidado para poder lograr una mezcla homogénea.

Proponer a los dueños de bloqueras existentes en zonas cercanas a beneficios de café que aprovechen la cascarilla para la realización de bloques y de esa forma reducir costos.

Realizar bloques y pruebas con el otro cemento que existe en el país, el usado en este trabajo monográfico fue el cemento CANAL.

Realizar bloques de bíconcreto con cascarilla de café de otras zonas productoras de café en el país para determinar la calidad del producto.

Profundizar el estudio con otros materiales de desperdicio como la cascarilla de arroz.

Elaborar estudios del uso de aditivos dentro de la mezcla de bíconcreto con cascarilla de café, para analizar su comportamiento y resultados.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- (Alvarado, Jassit) Construaaprende Recuperado 14 de Abril del 2010 <http://www.construaaprende.com/t/08/T8pag03.php>
- (Amador, Aura) "Validación de máquina briqueteadora de tornillo helicoidal para el aprovechamiento de la cascarilla de café como combustible" Estelí, Nicaragua 2012.
- American Society for Testing Materials (ASTM) Recuperado 10 de Abril del 2010 <http://www.astm.org>
- (Blanco, Marvin) (Matus, Iván) "Guías de laboratorio de materiales de construcción" Managua 2012.
- Comité técnico de transporte, construcción, e infraestructura "Norma técnica obligatoria Nicaragüense (NTON)" Managua, Nicaragua 2009.
- (González, R.) "Physical and mechanical properties of concrete bricks produced with recycled aggregates" Departamento de ingeniería de obras civiles, Universidad de la Frontera, Temuco, Chile.
- Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) "Reglamento Nacional de la construcción (RNC)" Managua, Nicaragua 2007.
- (Rocha, S.) Construaaprende Recuperado 03 de Noviembre del 2011 http://www.construaaprende.com/Lab/19/Prac19_1.html
- (Torrijo, Javier) Estudios Geotécnicos Recuperado el 05 de Febrero del 2015 <http://www.estudiosgeotecnicos.info/index.php/descriptores-geotecnicos-3-granulometria-y-parametros-derivados/>
- (Vazquez, Marco Antonio) "Artículo Infomipyme" Tabasco, Mexico 2012.
- (Williams, Rae) Ehowenespanol Recuperado el 17 de febrero del 2014 http://www.ehowenespanol.com/diferencia-conceptos-desviacion-estandar-varianza-info_331934

