UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FÉ"

DIVISIÓN ACADÉMICA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

LICENCIATURA EN INGENIERÍA QUÍMICA

EFECTO DE TAMAÑO DE PARTÍCULAS DE $CaCO_3$ BIOGÉNICO PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES MACIZOS.

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO QUIMICO

PRESENTA:

CARRERA RODRÍGUEZ VANESSA

DIRECTOR:

DR. RAFAEL TORRES RICÁRDEZ

CODIRECTOR:

DR. GERMÁN PÉREZ HERNÁNDEZ

CUNDUACÁN, TABASCO, SEPTIEMBRE 2024

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CamScanner

Declaración de Autoría y Originalidad

En la Ciudad de Cunduacán, el día 25 del mes septiembre del año 2024, los que suscriben Vanessa Carrera Rodríguez alumna (o) del programa de Ingeniería Química con número 192d22110 respectivamente, adscritos a la División Académica de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, como autor(es) de la Tesis presentada para la obtención del (titulo, diploma o grado según sea el caso) de Ingeniero Química y titulada **" Efecto de Tamaño de Partículas de $CaCO_3$ Biogénico Para La Fabricación de Bloques Macizos"** dirigida por el Dr. Rafael Torres Ricárdez y el Dr. Germán Pérez Hernández.

DECLARAMOS QUE:

La Tesis es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, de acuerdo con el ordenamiento jurídico vigente, en particular, la LEY FEDERAL DEL DERECHO DE AUTOR (Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley Federal del Derecho de Autor del 01 de Julio de 2020 regularizando y aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), en particular, las disposiciones referidas al derecho de cita.

Del mismo modo, asumo frente a la Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría o falta de originalidad o contenido de la Tesis presentada de conformidad con el ordenamiento jurídico vigente.

Cunduacán, Tabasco a 25 de septiembre de 2024.

Vanessa Carrera Rodríguez

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CamScanner

DIRECCIÓN

MEMORANDO

PARA: **DRA. DORA MARÍA FRÍAS MÁRQUEZ**
DIRECTORA DE LA DAIA.
DE: **COMISIÓN REVISORA DE TRABAJO RECEPCIONAL**
FECHA: 20 DE SEPTIEMBRE DE 2024
ASUNTO: ACEPTACIÓN DE IMPRESIÓN DEFINITIVA DE TRABAJO RECEPCIONAL
CCP: ARCHIVO.
MEM/CET/321/ID321/2024

PRESENTE.

En cumplimiento a lo estipulado en el Art. 112 del Reglamento de Titulación aplicable, y después de revisar el Trabajo Recepcional denominado:

"EFECTO DE TAMAÑO DE PARTÍCULAS DE $CaCO_3$ BIOGENICO PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES MACIZOS."

Desarrollado por la C. VANESSA CARRERA RODRÍGUEZ de la Licenciatura en INGENIERÍA QUÍMICA bajo la modalidad de **"Tesis"**, le comunicamos que aceptamos la impresión final de dicho trabajo, ya que el mismo ha cumplido con los requisitos necesarios.

COMISIÓN REVISORA

DRA. EBELIA DEL ÁNGEL MERÁZ
Revisor

M.C. MARÍA FERNANDA GARCÍA MENDOZA
Revisor

DRA. MARCELA DEL CARMEN ARELLANO CORTAZA
Revisor

DR. ILDEFONSO ZAMUDIO TORRES
Revisor

DR. BRAYAN LEONARDO PÉREZ ESCOBAR
Revisor

DR. RAFAEL TORRES RICÁRDEZ
Director de Trabajo Recepcional

DR. GERMÁN PÉREZ HERNÁNDEZ
Co-Director de Trabajo Recepcional

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez, km. 1, Col. La Esmeralda
C.P.86690 Cunduacán, Tabasco
Tel. (993) 358.15.00 Ext. 6752
direccion.dala@ujat.mx

CamScanner

DIRECCIÓN

OFICIO: DAIA/DIR/CD/0892/2024
FECHA: 25 de septiembre de 2024
ASUNTO: Autorización de Impresión Definitiva

C. VANESSA CARRERA RODRÍGUEZ
PASANTE DE LA LICENCIATURA EN INGENIERÍA QUÍMICA
P R E S E N T E.

En virtud de haber elaborado el trabajo recepcional para obtener el Título de Licenciatura en INGENIERÍA QUÍMICA, bajo la modalidad de "Tesis", el cual ha sido dirigido por el DR. RAFAEL TORRES RICÁRDEZ y el DR. GERMÁN PÉREZ HERNÁNDEZ, titulado:

"EFECTO DE TAMAÑO DE PARTÍCULAS DE $CaCO_3$ BIOGENICO PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES MACIZOS".

Tengo a bien autorizarle la **IMPRESIÓN DEFINITIVA** de dicho trabajo, continuando con los trámites correspondientes para su examen profesional.

Asimismo, le informo que en el artículo 113, del Capítulo IV, de nuestro Reglamento de Titulación vigente, a la letra dice:

"Una vez emitido el oficio de autorización de impresión del Trabajo Recepcional por la Dirección de la División Académica correspondiente, el egresado tendrá un plazo máximo de seis meses para efectos de presentar el Examen Profesional. En caso contrario, podrá optar por la misma u otra modalidad que señale el presente Reglamento, llevando a cabo los trámites correspondientes".

Sin otro particular por el momento, me despido deseándole éxito en su carrera profesional.

ATENTAMENTE

DRA. DORA MARÍA FRÍAS MÁRQUEZ
DIRECTORA

DIVISIÓN ACADÉMICA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA UJAT

DIRECCIÓN

C.c.p. Archivo-INGENIERÍA QUÍMICA-321
DRA' DMFM/M'LHC

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco México
CamScanner

Carta de Cesión de Derechos

Villahermosa, Tabasco a 25 de septiembre de 2024

Por medio de la presente manifestamos haber colaborado como AUTOR(A) y/o AUTORES(RAS) en la producción, creación y/o realización de la obra denominada titulada **"Efecto de Tamaño de Partículas de $CaCO_3$ Biogénico Para La Fabricación de Bloques Macizos".** Con fundamento en el artículo 83 de la Ley Federal del Derecho de Autor y toda vez que, la creación y/o realización de la obra antes mencionada se realizó bajo la comisión de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; entendemos y aceptamos el alcance del artículo en mención, de que tenemos el derecho al reconocimiento como autores de la obra, y la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco mantendrá en un 100% la titularidad de los derechos patrimoniales por un período de 20 años sobre la obra en la que colaboramos, por lo anterior, cedemos el derecho patrimonial exclusivo en favor de la Universidad.

COLABOLADORES

Vanessa Carrera Rodríguez

Dr. Rafael Torres Ricárdez

Dr. German Pérez Hernández

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

CamScanner

DEDICATORIA

A mis padres, por su amor incondicional, apoyo constante y por ser la base sobre la que construí mis sueños. Sin su aliento y sacrificio, este logro no habría sido posible.

A mis familiares, cuya paciencia, comprensión y ánimo han sido una fuente inagotable de fuerza durante todo este viaje. Cada uno de ustedes ha jugado un papel especial en mi vida, y esta tesis es también un testimonio de la importancia de nuestra familia.

Con todo mi cariño y gratitud,

Vanessa.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CamScanner

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi más profundo agradecimiento a **Dios**, por ser la guía y la fuente de fortaleza durante todo el proceso de esta tesis. Sin Su apoyo incondicional, no hubiera sido posible superar los desafíos y alcanzar esta meta.

A mis padres Maribel y Pedro, quienes han sido mi pilar fundamental. Su amor, sacrificio y constante aliento me han brindado la motivación necesaria para seguir adelante. Gracias por creer en mí y por su apoyo incondicional a lo largo de toda esta travesía.

A mi pareja Eric, cuyo amor y comprensión han sido una fuente de inspiración y estabilidad. Tu paciencia y apoyo constante han sido cruciales para el éxito de este proyecto. Gracias por estar a mi lado, por tu aliento y por comprender los momentos de estrés y dedicación.

A mis amigos Rebeca, Luis ángel, Manuel, Iris, Carla, Romario, por los buenos momentos que pasamos al inicio y final de la carrera.

A mis amigos de laboratorio Lorenzo, Efraín, Chan y Luis ángel por todo el apoyo y las risas en la realización de la tesis y en el curso del servicio y prácticas.

A mi director el Dr. Rafael Torres Ricárdez y codirector el Dr. German Pérez Hernández, gracias por su apoyo, tiempo y conocimientos que aportaron para la realización de este trabajo.

Quiero expresar mi sincero agradecimiento al **Comité Revisor**, integrado por la Dra. María Fernanda García Mendoza, Dra. Ebelia del Ángel Meraz, Prof. Marcela del Carmen Arellano Cortaza, Prof. Brayan Leonardo Pérez Escobar, Dr. Ildefonso Zamudio Torres, por su dedicación y valiosas contribuciones a este trabajo. Su experiencia, atención al detalle y comentarios constructivos han sido fundamentales para la mejora y refinamiento de esta investigación.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CamScanner

INDICE

RESUMEN 1

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN 3

1.1 ANTECEDENTES 4

1.2 JUSTIFICACIÓN 5

1.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN 5

1.4 HIPÓTESIS 6

1.5 OBJETIVOS 6

1.6 ESTRUCTURA DE LA TESIS 7

CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO 8

2.1 Materiales de Construcción 8

2.2 Block 8

2.3 Materiales Alternativos 9

2.4 Concha De Ostión 10

2.5 $CaCO_3$ 12

2.6 Normativa de los Materiales de Construcción 13

CAPITULO 3: DESARROLLO EXPERIMENTAL 15

3.1 Obtención de la Concha de Ostión 15

3.2 Limpieza 15

3.3 Triturado 15

3.4 Calcinado 16

3.5 Tamaño de Partículas 16

3.6 Tamizado 17

3.7 Caracterización del $CaCO_3$ 18

3.8 Bloques Macizos Biogénicos 18

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco México.

CamScanner

3.9 Pruebas 21

CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN 22

4.1 Limpieza 22

4.2Tamaño de Partículas 22

4.3 Caracterización del $CaCO_3$ por Difracción de Rayos X 24

4.4 Elaboración y Prueba de Resistencia a la Compresión 25

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES 28

CAPÍTULO 5.1: RECOMENDACIONES Y PERSPECTIVAS 29

BIBLIOGRAFÍAS 30

ANEXOS 36

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CamScanner

INDICE DE TABLAS

CAPITULO 3 15

Tabla 1. Materiales utilizados en el diseño de mezclas para modelos preparados usando $CaCO_3$ biogénico como agregado. 19

Tabla 2. Materiales utilizados en el diseño de mezclas para modelos preparados usando $CaCO_3$ biogénico como sustituto. 20

CAPITULO 4 22

Tabla 3. Resultados de resistencia a la compresión. 26

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CamScanner

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO 3 15

Figura 1. Limpieza de concha con HCl y agua. 15

Figura 2. Secado de conchas. 15

Figura 3. Porciones de concha de ostión sometidas a calcinación. 16

Figura 4. Horno de secado con convección dual. 16

Figura 5. Proceso de Molienda. 17

Figura 6. Tamices Nº 200 y Nº 325. 17

Figura 7. Tamizadora HUMBOLDT. 17

Figura 8. Cilindros para la realización de los bloques. 18

Figura 9. Bloques recién colados. 20

Figura 10. Proceso de hidratación por 28 días. 20

Figura 11. Máquina de compresión. 21

CAPITULO 4 22

Figura 12. conchas de ostión lavadas. 22

Figura 13. Concha de ostión calcinadas. 22

Figura 14. $CaCO_3$. 23

Figura 15. $CaCO_3$ retenido en las mallas Nº 200 y Nº 325. 23

Figura 16. Difracción de Rayos X. 24

Figura 17. Bloques elaborados. 25

Figura 18. Prueba de resistencia a compresión. 26

Figura 19. Bloques con prueba de (f´c). 26

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CamScanner

RESUMEN

El estudio se centra en analizar cómo el tamaño de partículas del carbonato de calcio biogénico afecta la fabricación de bloques macizos. Utilizando técnicas analíticas y experimentales, se determina cómo las variaciones en el tamaño de las partículas influyen en la estructura cristalina del material, su capacidad de compactación y su desempeño bajo diferentes cargas y condiciones ambientales adversas. La investigación busca entender mejor la relación entre el tamaño de las partículas y las propiedades finales de los bloques, lo que puede optimizar su producción y rendimiento.

La caracterización que se empleo es la difracción de Rayos X, que nos permitió obtener la información del mineral presente en la concha de ostión, que el resultado obtenido a través del difractógrama determinó que es tipo calcita.

Por último, después de la elaboración de los bloques, se realizó una prueba de resistencia a la compresión, que determinó el número de malla con un mejor tamaño de partículas para la fabricación de bloques macizos es la Nº 325, con un porcentaje de resistencia a la compresión de 109.22 kg/cm^2

Palabras claves: carbonato de calcio, difracción de rayos X, resistencia a compresión, calcita.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CamScanner

ABSTRACT

The study focusses on analyzing how the particle size of the biogenic calcium carbonate affects the manufacturing of solid blocks. Using analytical and experimental techniques, it is determined how the variations in particle sizes influence in the material's crystal structure, their capacity of compaction and their performance under different loads and adverse environmental conditions. The research seeks to understand better the relationship between particle sizes and the final properties of the blocks, which can optimize their production and performance.

The characterization used is the X-Ray diffraction, which allowed us to obtain the information about the mineral present in the oyster Shell, and the result obtained through the diffractogram determined to be calcite type.

In the end, after the elaboration of the blocks, a comprehensive strength test was done, that determined the number of mesh with the best particle size for the manufacture of solid blocks is No. 325, with a percentage of compressive strength of 109.22 kg/cm².

Key Words: calcium carbonate, X-Ray diffraction, compressive strength, calcite

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CamScanner

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

El carbonato de calcio biogénico, derivado de fuentes naturales como conchas marinas y esqueletos de organismos marinos, representa un recurso mineral invaluable en numerosas aplicaciones industriales, destacando su papel fundamental en la construcción de bloques macizos (1).

Estos bloques, conocidos por su robustez y versatilidad en estructuras arquitectónicas y civiles, dependen en gran medida de la calidad y las características del carbonato de calcio utilizado en su fabricación. Uno de los factores críticos que influyen en las propiedades de estos bloques es el tamaño de partículas del carbonato de calcio biogénico. La distribución y dimensiones de las partículas afectan directamente aspectos clave como la resistencia mecánica, la porosidad, la absorción de agua y la durabilidad del material final. Por lo tanto, entender cómo diferentes tamaños de partículas impactan en estas propiedades se convierte en un objetivo esencial para optimizar tanto el proceso de fabricación como la calidad del producto final (2, 3).

Este estudio se enfoca en investigar sistemáticamente el efecto del tamaño de partículas del carbonato de calcio biogénico en la fabricación de bloques macizos. A través de métodos analíticos y experimentales avanzados, se explorará cómo variaciones controladas en el tamaño de partículas influencian la estructura cristalina, la compactación del material y su comportamiento frente a cargas y condiciones ambientales adversas (3, 4).

De igual modo analizar las propiedades estructurales y mecánicas, esta investigación considera aspectos económicos y ambientales asociados con la producción y uso de bloques macizos. La optimización del tamaño de partículas no solo busca mejorar la eficiencia y la sostenibilidad del proceso de fabricación, sino también cumplir con estándares y normativas de calidad que aseguren la integridad estructural y la longevidad de las construcciones donde se implementan estos bloques (5).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CamScanner

Al profundizar el estudio del tamaño de partículas del carbonato de calcio biogénico, este trabajo contribuye significativamente al avance del conocimiento en la industria de la construcción, ya que el carbonato de calcio tiene un papel importante en la construcción, algunos de ellos que influyen en el avance es que el CaCO3 es una de las materias primas principales en el cemento, y además, el carbonato de calcio puede mejorar propiedades del concreto y así ser una opción de agregado ofreciendo perspectivas valiosas para innovaciones en diseño y materiales que pueden transformar positivamente el sector construcción hacia prácticas más eficientes y respetuosas con el ambiente (4, 5)

1.1 ANTECEDENTES

Los morteros de cal fueron utilizados en muchas de las grandes estructuras por civilizaciones más tempranas, pero los romanos fueron los primeros en usarlos ampliamente en edificación, desarrollando métodos de fabricación, en general, con base en cementante natural de cal y estableciendo técnicas de construcción apropiadas (6).

Se estableció que, el endurecimiento por carbonatación se produce cuando el contenido de humedad ha disminuido lo suficiente y el $Ca(OH)_2$ reacciona con el CO_2 del aire formando $CaCO_3$ (6).

(Curbelo-Hernández et al., 2021), reportaron que la captura media anual de ostión en su concha ha mostrado un promedio de 1,280 t (2011-2015) con un rendimiento en carne del 5,7 %, siendo el volumen de concha desechada 1,207 t anuales equivalentes al 94,3 % con respecto al peso total. Estos residuos al ser desechados representan un problema ambiental debido a su creciente acumulación en las plantas de procesamiento, así como por su escasa degradación, por lo que se ha convertido en una necesidad actual la búsqueda de alternativas que permitan la utilización eficiente de estos residuos de moluscos bivalvos.

Las conchas de ostiones contienen un alto porcentaje de calcio en forma de carbonato de calcio fundamentalmente, convirtiéndose debido a su composición en una materia prima idónea para la obtención de productos químicos de alto valor

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CamScanner

agregado, como son las sales de calcio con múltiples aplicaciones en la industria alimentaria, farmacéutica, etc., lo que garantiza la sustitución de importaciones y la introducción de nuevas líneas de mercado (7).

1.2 JUSTIFICACIÓN

La importancia de conservar nuestro medio ambiente sano y limpio de recursos naturales que conllevan a la contaminación o a la propagación de enfermedades, nos ha llevado a desarrollar nuevos o innovar materiales que sean capaces de tener un beneficio en la rama de la construcción, al igual que tendría un beneficio social e implementar la reutilización para obtener una economía circular.

Entender como puede ser utilizado un mineral, un material o compuesto, requiere de saber cuáles son sus principales características, propiedades y especificaciones. Es por ello, que efectuar una adecuada caracterización permitirá elegir una aplicación y/o uso adecuado del material o mineral en cuestión; ello, además, permite a los productores conocer cuáles serán las características principales de los residuos que se generen durante su extracción, procesamiento y adecuación, permitiendo, además, desarrollar procedimientos que promuevan una adecuada disposición de los residuos o en casos particulares, reaprovechamiento y reúso de los mismo (8).

La importancia de este trabajo radica en buscar una solución más para usar los recursos naturales “desechados” como la concha de ostión, para beneficios tanto como del medio ambiente, la sociedad, economía y propiedades de un mejor material utilizados por la sociedad.

1.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo afecta de tratamiento térmico en la obtención de carbonato de calcio biogénico a partir de conchas de ostión?

¿Como afecta el uso del carbonato de calcio biogénico a la resistencia a la compresión en base a los bloques convencionales?

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CamScanner

¿Qué beneficos ambientales se obtendrán al usar carbonato de calcio biogénico en comparación con los materiales tradicionales?

1.4 HIPÓTESIS

El carbonato de calcio biogénico extraído de conchas de ostión sometido a tratamiento térmico se puede utilizar como material alternativo y sostenible en la fabricación de bloques macizos de construcción, incrementando la resistencia a la compresión con respecto a los bloques convencionales.

1.5 OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar las propiedades físicas de los bloques macizos empleando diferente tamaño de partículas de $CaCO_3$ biogénico.

Objetivos Específicos

- Obtener triturado de carbonato de calcio mediante molienda mecánica de concha de ostión para su uso en la elaboración de bloques alternativos.
- Analizar las propiedades estructurales del $CaCO_3$ mediante difracción de rayos X para conocer su estructura cristalina.
- Elaborar los bloques alternativos utilizando triturado de carbonato de calcio con tratamiento térmico y diferente tamaño de partículas para conocer el efecto en la resistencia a la compresión.
- Analizar las propiedades mecánicas de los bloques elaborados mediante la medición de la resistencia a la compresión para definir el tamaño óptimo de triturado.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CamScanner

1.6 ESTRUCTURA DE LA TESIS

En el capítulo 1, se habla sobre los antecedentes relevantes de la concha de ostión y como ha sido utilizada desde años atrases en la construcción y fabricación, y lo beneficioso que puede ser el carbonato de calcio obtenido de ellas. También contiene lo que es la hipótesis y objetivo general y específicos. En el capítulo 2, está formado por el marco teórico, que contiene lo que es los materiales de construcción y materiales alternativos empleados en la construcción. Al igual menciona las normativas de los materiales de construcción. El capítulo 3 está conformado por el desarrollo experimental, donde viene detallado paso a paso cada proceso realizado. Posteriormente, en el capítulo 4 se menciona todos los resultados obtenidos en el desarrollo. Finalmente, en el capítulo 5 se encuentran las conclusiones y hallazgos importantes que se obtuvieron.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CamScanner

CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Materiales de Construcción

Los materiales de construcción tradicionales, como el hormigón, los ladrillos, los bloques huecos, los bloques macizos, se producen a partir de los recursos naturales existentes (10).

Durante muchos años ha evolucionado y cambiado con respecto a la cada vez mayor complejidad de la fabricación de materiales de construcción. Es muy importante comprender el origen de los procedimientos de producción de materiales (11).

2.2 Block

En el ámbito de la construcción contemporánea, los blocks desempeñan un papel fundamental como unidades estructurales y decorativas en la edificación de muros y paredes. Estas piezas prefabricadas, comúnmente fabricadas con concreto reforzado u otros materiales compuestos (12, 13).

El tamaño de partículas de $CaCO_3$ biogénico influye directamente en la resistencia y durabilidad de los blocks. Partículas más finas permiten una mejor distribución y compactación dentro de la mezcla de concreto, lo cual fortalece la estructura del block y mejora su capacidad para resistir cargas estructurales y condiciones ambientales adversas a lo largo del tiempo. Esto es crucial para asegurar la integridad estructural de los edificios y prolongar su vida útil (13,15).

Además de su función estructural, el tamaño de partículas también afecta las propiedades de aislamiento térmico y acústico del block. Partículas más pequeñas facilitan una mejor integración con materiales aislantes, reduciendo significativamente la transferencia de calor y sonido a través de las paredes construidas con estos blocks. Esto contribuye a mejorar el confort interior de los edificios y optimizar su eficiencia energética (14)

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CamScanner

El uso de $CaCO_3$ biogénico en la fabricación de blocks responde a la creciente demanda por prácticas constructivas más sostenibles. Estos materiales, derivados de fuentes naturales renovables como conchas marinas y corales, ofrecen una alternativa ecológica a los aglomerantes tradicionales. Reducen la huella de carbono asociada con la construcción al mismo tiempo que mejoran la eficiencia y la resiliencia de los edificios frente a los impactos ambientales (2).

2.3 Materiales Alternativos

Entre las alternativas más destacadas se encuentran las puzolanas naturales, como la ceniza volante y la puzolana calcinada. Estos materiales reaccionan químicamente con el hidróxido de calcio liberado durante la hidratación del cemento Portland, formando compuestos adicionales que mejoran la resistencia del bloque a largo plazo. Esta reacción puzolánica no solo fortalece la estructura del material, sino que también reduce la permeabilidad y la posibilidad de ataques químicos, incrementando así su durabilidad en ambientes agresivos (16).

Por otro lado, las arcillas calcinadas representan otra opción significativa como material aglutinante alternativo. Mediante el proceso de calcinación, las arcillas experimentan una transformación mineralógica que mejora su capacidad para unirse con otros componentes en la mezcla de fabricación de bloques. Esta técnica no solo proporciona una mayor cohesión estructural al bloque, sino que también puede contribuir a la reducción de la cantidad de cemento Portland requerido, mitigando así el impacto ambiental asociado con su producción (17).

También de las puzolanas y arcillas, los nanomateriales están emergiendo como una frontera prometedora en la mejora de las propiedades de los bloques macizos. Los nanotubos de carbono y los nanotubos de óxido de grafeno pueden ser incorporados en pequeñas cantidades para reforzar la matriz del bloque, aumentando tanto la resistencia a la tracción como la resistencia a la compresión. Esta tecnología de vanguardia tiene el potencial de transformar la industria al permitir la creación de bloques más livianos y resistentes (16,17,20).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CamScanner

Otro enfoque interesante es la inclusión de materiales naturales fibrosos, como el sisal o el cáñamo, como refuerzos en la mezcla del bloque. Estas fibras no solo mejoran la tenacidad y la resistencia a la flexión del material final, sino que también proporcionan una alternativa biodegradable y renovable frente a los tradicionales refuerzos metálicos o sintéticos. Este enfoque se alinea con la creciente demanda por materiales de construcción más sostenibles y respetuosos con el medio ambiente (21, 22).

En paralelo, los materiales compuestos a base de polímeros reciclados están ganando popularidad como opción para la fabricación de bloques macizos. Estos materiales aprovechan plásticos reciclados, como el PET o el polipropileno, mezclados con agregados inertes para formar bloques de alta resistencia. Esta estrategia no solo reduce la dependencia de los recursos vírgenes, sino que también contribuye a la mitigación de los desechos plásticos, transformándolos en productos de alto valor y durabilidad en la construcción (23). Por otro lado, los materiales compuestos que están reforzados con fibras de basalto están mostrando un potencial significativo para la mejora de la resistencia y durabilidad de los bloques macizos. El basalto es una roca volcánica que, cuando se convierte en fibras y se incorpora en la mezcla del bloque, proporciona una resistencia excepcional a la tracción y una excelente resistencia a la abrasión, lo que es ideal para aplicaciones en entornos expuestos a condiciones severas (26).

2.4 Concha De Ostión

La concha de ostión ha emergido como un material alternativo prometedor en la fabricación de bloques macizos, destacándose por sus propiedades únicas y beneficios ambientales. Este material, derivado de desechos de la industria marina, ofrece una alternativa sostenible y efectiva para mejorar las propiedades físicas y químicas de los bloques de construcción (4,7).

La concha de ostión es conocida por su alta concentración de carbonato de calcio, lo que la convierte en un agregado natural ideal para la producción de materiales de construcción como bloques macizos. La incorporación de concha de ostión en la

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CamScanner

mezcla de fabricación puede contribuir significativamente a mejorar la resistencia a la compresión y la durabilidad de los bloques, gracias a su capacidad para mejorar las propiedades mecánicas del concreto. Además de sus beneficios mecánicos, la concha de ostión ofrece propiedades de aislamiento térmico y acústico, lo que puede mejorar el confort interior de los edificios construidos con bloques que la incorporan. Esta capacidad de reducir la transferencia de calor y sonido a través de las paredes puede contribuir a la eficiencia energética y al bienestar de los ocupantes (4).

El uso de concha de ostión en la fabricación de bloques macizos también promueve la sostenibilidad al reutilizar un subproducto industrial que de otro modo podría ser desechado. Al integrar este material en la construcción, se reduce la dependencia de recursos naturales no renovables y se disminuye la cantidad de desechos enviados a vertederos, fomentando así prácticas constructivas más responsables y circulares (4).

El proceso de incorporación de concha de ostión en la fabricación de bloques macizos generalmente implica triturar y procesar las conchas para obtener tamaños de partícula específicos. Estos fragmentos triturados se mezclan con otros componentes como cemento, arena y agua para formar una mezcla homogénea que luego se moldea y cura para obtener bloques de construcción robustos y duraderos. Desde el punto de vista económico, el uso de concha de ostión puede ofrecer ventajas significativas al reducir los costos de producción y gestión de residuos asociados con la disposición de conchas de ostión en sitios de desecho. La disponibilidad local de este material en regiones costeras puede también minimizar los costos de transporte y almacenamiento, mejorando así la viabilidad económica de su uso en proyectos de construcción (4,7,27).

El desarrollo de colaboraciones entre la industria pesquera, los fabricantes de materiales de construcción y los organismos gubernamentales puede facilitar la gestión eficiente y sostenible de los recursos de concha de ostión. Estas asociaciones pueden promover prácticas de recolección responsables y establecer

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco México.

CamScanner

cadenas de suministro confiables para la integración de concha de ostión en la construcción (28,29).

En términos de impacto ambiental, el uso de concha de ostión en la construcción puede reducir la necesidad de extraer y procesar agregados naturales, como la arena y la grava, que son recursos no renovables. Esto conlleva a una menor alteración de los ecosistemas naturales y una conservación más eficiente de los recursos naturales globales (32).

La estabilidad química de la concha de ostión minimiza los riesgos de lixiviación de sustancias tóxicas o contaminantes en el entorno construido, asegurando así un entorno seguro para los ocupantes de edificios construidos con bloques que incorporan este material. Este factor es crucial para cumplir con estándares ambientales y de salud pública en diversas regiones (32).

2.5 $CaCO_3$

El carbonato de calcio ($CaCO_3$) derivado de la concha de ostión se ha convertido en un componente clave en la fabricación de bloques macizos, aprovechando las propiedades naturales y sostenibles de este material para mejorar diversas características del concreto y otros productos de construcción. La concha de ostión es una fuente natural rica en carbonato de calcio, con una composición que puede alcanzar hasta un 95% de este compuesto mineral. Esta alta concentración hace que las conchas de ostión trituradas sean un agregado ideal para la producción de materiales de construcción como bloques macizos, proporcionando beneficios tanto mecánicos como ambientales (4,7).

La incorporación de carbonato de calcio de concha de ostión en la mezcla de fabricación de bloques macizos puede mejorar significativamente la resistencia a la compresión del concreto. Las partículas de $CaCO_3$ actúan como relleno y refuerzo, aumentando la cohesión interna de la mezcla y reduciendo la porosidad, lo que resulta en bloques más densos y duraderos (4).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CamScanner

Además de mejorar la resistencia mecánica, el $CaCO_3$ de concha de ostión también puede contribuir a la resistencia a la corrosión del concreto, particularmente en ambientes marinos y costeros donde la exposición a la salinidad y la humedad puede ser alta. Esta propiedad hace que los bloques macizos fabricados con este material sean adecuados para aplicaciones en áreas costeras (33).

2.6 Normativa de los Materiales de Construcción

Las normas de los materiales de construcción son las especificaciones técnicas y requisitos ya establecidos por organismos de normalización y regulación para garantizar la calidad, seguridad, durabilidad y compatibilidad de los materiales utilizados para la construcción. Estas normas fueron desarrolladas por entidades nacionales o internacionales, al igual que institutos de normalización, comités técnicos y asociaciones industriales, con el objetivo de estandarizar los procesos de producción, uso y evaluación de los materiales de construcción (35).

NMX-C-441-ONNCCE-2013

Industria De La Construcción A Mampostería-Bloques-Tabiques-Ladrillos Y Tabicones Para Uso No Estructural Especificaciones Y Métodos De Ensayo (Cancela A La NMX-C-441-Onncce-2005). Esta norma mexicana es aplicable a los bloques, tabiques o ladrillos y tabicones, así como piezas para celosías, para uso no estructural, de fabricación nacional y de importación que se comercialicen en territorio nacional. Los valores de resistencia de compresión en los bloques macizos elaborados con agregado o sustituto de triturado de concha de ostión deben de cumplir 3.5 MPa (35 kg/cm^2) para resistencia media (f'p) y 2.8 MPa (28 kg/cm^2) para resistencia mínima individual (36).

NMX-C-036-ONNCCE-2013

Industria De La Construcción-Mampostería-Resistencia A La Compresión De Bloques, Tabiques O Ladrillos Y Tabicones Y Adoquines-Método De Ensayo (Cancela A La Nmx-C-036-Onncce-2004). Esta Norma Mexicana establece el método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión; es aplicable a bloques, tabiques o ladrillos, tabicones, celosías y adoquines de

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
México

CamScanner

fabricación nacional y de importación, que se comercialicen en territorio nacional. o. El objetivo principal de esta norma garantizar que la superficie superior e inferior de los bloques elaborados sea uniforme previo para colocarse en el equipo que va a efectuar la prueba de compresión (37).

NMX-C-038-ONNCCE-2013

Industria De La Construcción-Mampostera-Determinación De Las Dimensiones De Bloques, Tabiques O Ladrillos Y Tabicones Método De Ensayo (Cancela A La Nmx-C-038-Onncce-2004). Norma mexicana establecida para determinar las dimensiones de los bloques alternativos elaborados. También incluye las dimensiones de tabiques o ladrillos y tabicones. Los bloques elaborados se etiquetan y examinan las dimensiones geométricas: ancho (A) y alto (h) (38).

NMX-C-077-ONNCCE-2019

Industria de la Construcción-Agregados para Concreto-Análisis Granulométrico-Método de Ensayo (Cancela al PROY-NMX-C-077-ONNCCE-2006 y a la NMX-C-077-1997-ONNCCE). Esta Norma Mexicana establece el método utilizado para el análisis granulométrico de agregados finos y gruesos, con el fin de determinar la distribución de las partículas de diferentes tamaños empleando de cribas (39).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CamScanner

CAPITULO 3: DESARROLLO EXPERIMENTAL

3.1 Obtención de la Concha de Ostión

Las conchas de ostión (Crassostrea virginica), fueron recolectadas en Paraíso Tabasco en la zona costera.

3.2 Limpieza

Las conchas fueron sometidas a dos tipos de lavado, el primero fue lavado con agua para la eliminación de residuos de lodo u organismos adheridos de la superficie, sin detergentes o aditivo para evitar la adición de un agente de estos elementos, el segundo un lavado químico, como se observa en la Fig. 1, donde se utilizó ácido clorhídrico (HCl), y se dejó durante 24 horas. Posterior fueron secadas en el horno de secado Mod 9023A Marca ECOSHEL, como se observa en la Fig.2, este proceso se realizó durante 120 min a 60ºC.

Figura 1. Lavado de concha con HCl y agua (creación propia).

Figura 2. Secado de conchas (creación propia).

3.3 Triturado

Para iniciar con la obtención del $CaCO_3$ biogénico se trabajaron las conchas de ostión de manera manual con un martillo se trituro hasta obtener un tamaño más manejable de la concha.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CamScanner

3.4 Calcinado

Después del triturado, el tamaño de las partículas de la concha de ostión no era el adecuado, por lo que se procedió a realizar la calcinación. En la Figura 3 se detallan las cantidades utilizadas en cada proceso de calcinación, mientras que en la Figura 4 se muestra el horno de secado con convección dual, marca ECOSHEL, empleado en el proceso. La calcinación se llevó a cabo a 600 ºC durante dos horas con el objetivo de obtener un producto más puro y facilitar la descomposición térmica para producir carbonatos, óxidos u otros compuestos. Además, la calcinación busca mejorar la reactividad y modificar las propiedades del material (4).

Figura 3. Porciones de concha de ostión sometidas a calcinación (creación propia).

Figura 4. Horno de secado con convección dual (creación propia).

3.5 Tamaño de Partículas

Para modificar el tamaño de las partículas, se empleó un molino eléctrico, como se muestra en la Fig. 5. Cada muestra fue molida hasta obtener un polvo fino. Posteriormente, este polvo se tamizo utilizando tamices de acero inoxidable, los cuales se ilustran en la Fig. 6, para proceder con la modificación del tamaño de partículas.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CamScanner

Figura 5. Proceso de Molienda (creación propia).

Figura 6. Tamices Nº 200 y Nº 325 (creación propia).

Se estableció un análisis granulométrico, de la norma NMX-C-077-ONNCCE-2019. Esta Norma Oficial Mexicana establece el método utilizado para el análisis granulométrico de agregados finos y gruesos, con el fin de determinar la distribución de las partículas de diferentes tamaños empleando cribas.

3.6 Tamizado

Después de modificar el tamaño de las partículas de carbonato de calcio ($CaCO_3$), se determinó su distribución utilizando un tamizador motorizado marca HUMBOLDT, 120V 60Hz, como se muestra en la Fig. 7. Para ello, se emplearon tamices de acero inoxidable con mallas de diferentes tamaños: Nº200 y Nº325, como se observa en la Fig. 6. El proceso de tamizado se llevó a cabo durante 20 minutos con el objetivo de separar eficientemente las partículas según su tamaño (4).

Figura 7. Tamizadora HUMBOLDT (creación propia).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

CamScanner

3.7 Caracterización del $CaCO_3$

Para la caracterización del $CaCO_3$ se emplearán la difracción de rayos X.

3.7.1 Difracción de Rayos X

Es la técnica que permite obtener información, como la composición química de los materiales, la estructura cristalina, el tamaño de los cristales, la deformación de redes y el espesor de las capas. Se considera que esta técnica es utilizada para una gama de materiales, como polvos hasta los sólidos, películas finas y nanomateriales (41).

Utilizando técnicas avanzadas de XRD, es posible caracterizar el tamaño de los cristalitos y la tensión residual en el material. La información sobre el tamaño de los cristales es esencial para comprender la estructura interna del CaCO3 biogénico a nivel microscópico, mientras que las mediciones de tensión residual proporcionan datos sobre la estabilidad mecánica del material y su sensibilidad a la deformación bajo condiciones de carga externa. Estos datos son esenciales para optimizar el proceso de producción de bloques sólidos y mejorar la resistencia y durabilidad del producto final (42).

3.8 Bloques Macizos Biogénicos

Para este proceso, se prepararon 3 probetas cilíndricas de 10 cm de altura y 5 cm de diámetro, como se observan en la Fig. 8, estos se utilizaron en todos los casos.

Figura 8. Cilindros para la realización de los bloques (creación propia)

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CamScanner

3.8.1 Cemento-Arena-Carbonato De Calcio

En esta fase los bloques macizos biogénicos que se elaboraron contendrán cemento, arena y $CaCO_3$, el carbonato de calcio se colocara como un agregado. Estos valores se obtuvieron y fueron dosificados usando el método establecido por (Schmitt & Andreas, 2002) en una relación 1:4 (cemento: arena) para enladrillados en azotea, pisos en baños y lugares húmedos.

Tabla 1. Materiales utilizados en el diseño de mezclas para modelos preparados usando $CaCO_3$ biogénico como agregado.

%Agregado	Arena (g)	Cemento (g)	$CaCO_3$ (g)	Agua (mL)
10%	1.3188	0.2943	0.02943	200
20%	1.3188	0.2943	0.05886	200

En la tabla 1, se observan los materiales que se utilizaron para la elaboración de los bloques biogénicos, después de colar los bloques se dejaron 24 horas en secado a temperatura ambiente, posteriormente se desmoldan y se colocan en agua durante 28 días.

3.8.2 Cemento-Arena/$CaCO_3$

En esta segunda fase los bloques macizos biogénicos que se elaborarán contendrán cemento y carbonato de calcio, se sustituirá la arena por el $CaCO_3$, el carbonato de calcio se colocará como un sustituto.

Estos valores se obtuvieron y fueron dosificados usando el método establecido por (Schmitt & Andreas, 2002) en una relación 1:4 (cemento: arena) para enladrillados en azotea, pisos en baños y lugares húmedos.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CamScanner

Tabla 2. Materiales utilizados en el diseño de mezclas para modelos preparados usando $CaCO_3$ biogénico como sustituto.

%Sustituto	Arena (g)	Cemento (g)	$CaCO_3$ (g)	Agua (mL)
10%	1.3188	0.2648	0.02943	200
20%	1.3188	0.2648	0.05886	200

En la tabla 2, se observan los materiales que se utilizaron para la elaboración de los bloques biogénicos, después de colar los bloques se dejaron 24 horas en secado a temperatura ambiente, posteriormente se desmoldaron y se colocaron en agua durante 28 días para su hidratación.

Figura 9. Bloques recién colados (creación propia).

Figura 10. Proceso de hidratación por 28 días (creación propia).

En la Figura 9, se pueden observar los bloques que han sido recientemente colados y que estarán en proceso de secado durante 24 horas. Después de este período inicial, los bloques se desmoldarán y se someterán a un proceso de hidratación durante 28 días, tal como se ilustra en la Figura 10.

Para la elaboración de bloques que incluyan agregado o sustituto de carbonato de calcio, se desarrollarán modelos prototipos con concentraciones de carbonato de calcio del 10% y 20%. Se evaluarán sus propiedades de trabajabilidad, fluidez y porosidad. Estos porcentajes se han seleccionado para estudiar el comportamiento mecánico de los bloques en diferentes proporciones de $CaCO_3$ (agregado o sustituto) y así definir las condiciones óptimas para los bloques alternativos.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
México

CamScanner

3.9 Pruebas

Después de haberse cumplido los 28 días se realizarán pruebas de resistencia a la comprensión con la máquina que se observa en la Fig. 11. La resistencia a la compresión (f´c) es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de fractura.

Figura 11. Máquina de compresión (creación propia).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CamScanner

CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se mostrarán los resultados obtenidos en el desarrollo experimental.

4.1 Limpieza

Después de haber transcurrido 24 horas en la solución química, tal como se muestra en la Fig. 12, las conchas se lavaron nuevamente con agua. Este paso se realizó con el fin de eliminar y desprender toda suciedad y residuos adheridos a las conchas.

Figura 12. conchas de ostión lavadas (creación propia).

4.2Tamaño de Partículas

Seguidamente del proceso de lavado, se llevan a cabo los pasos de triturado y calcinado. Los resultados de estos procesos, que se ilustran en la Fig. 13, muestran una reducción en el tamaño de las conchas y, durante la calcinación, se obtiene un producto más puro y se observan cambios en las propiedades que permiten modificar el tamaño de las partículas.

Figura 13. Concha de ostión calcinadas (creación propia)

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CamScanner

Para el proceso de modificación de tamaño de partículas, después de la calcinación, se volvió a pasar por un molino eléctrico para la obtención del $CaCO_3$ en polvo.

Figura 14. $CaCO_3$ (creación propia).

En la Fig. 14 se observa el carbonato de calcio que se obtuvo después de ser molido nuevamente, el resultado fue favorable ya que, su aspecto es completamente el polvo, continuamente se llevó a cabo el proceso de tamizado para la obtención de los diferentes tamaños de partículas que se lograron.

Figura 15. $CaCO_3$ retenido en las mallas Nº 200 y Nº 325 (creación propia).

En la Fig. 15 se ilustra la diferencia en el tamaño de las partículas retenidas en cada malla. La malla Nº 200 retiene partículas de 0.07 mm, mientras que la malla Nº 325 retiene partículas de 0.04 mm. Estos procesos se repitieron en varias ocasiones para asegurar una cantidad adecuada de partículas de $CaCO_3$ en cada tamaño.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CamScanner

4.3 Caracterización del $CaCO_3$ por Difracción de Rayos X

A continuación, se muestran los resultados del proceso de caracterización del $CaCO_3$, en difracción de rayos X.

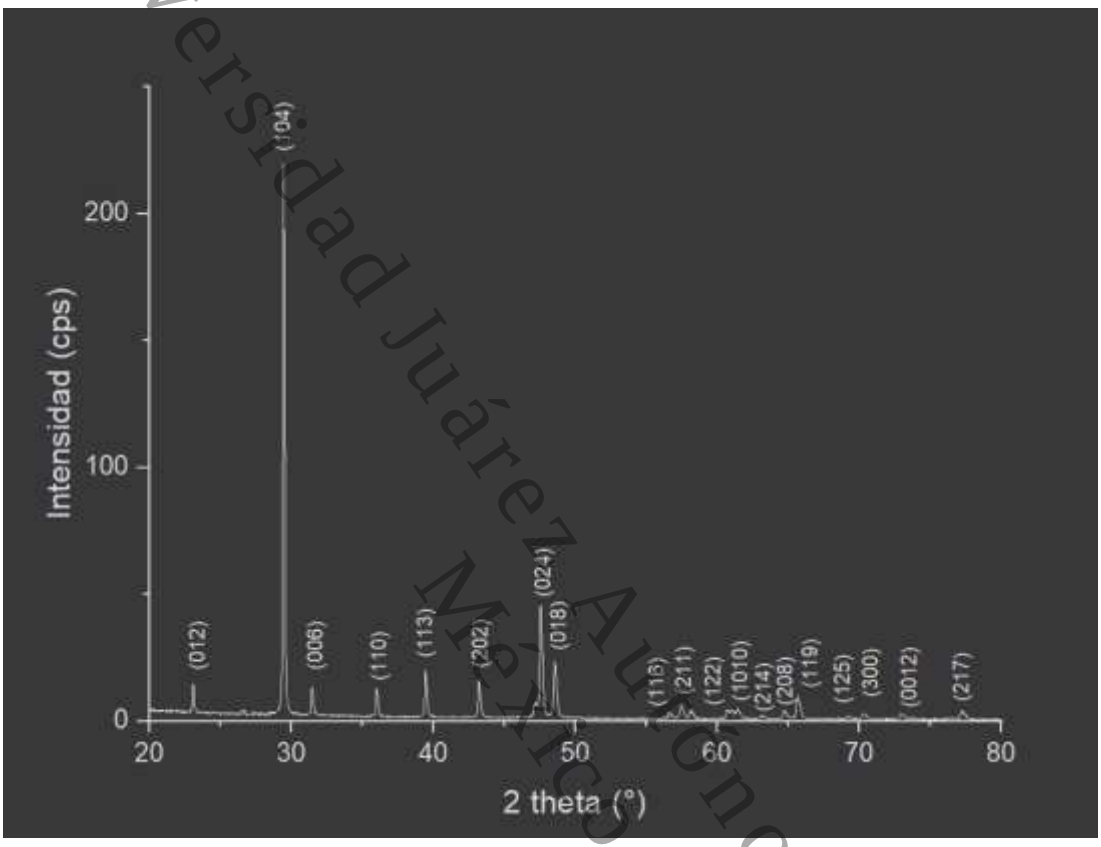

Figura 16. Difracción de Rayos X (creación propia).

La composición elemental de la concha de ostión (Crassostrea Virginica) es especialmente carbonato de calcio ($CaCO_3$), presentándose principalmente en formas cristalinas tipo aragonito y calcita (44).

Para determinar el tipo de mineral presente en la concha de ostión, se llevó a cabo un análisis de Difracción de Rayos X (DRX) sobre el triturado calcinado de la concha. Los resultados del análisis de DRX confirman la presencia de calcita en la concha de ostión, un mineral que es un carbonato de calcio ($CaCO_3$), en la Fig. 16 se observan los planos de difracción principales identificados (012, 104, 006, 110, 113, 202, 024, 018, 116, 211, 122, 214, 208, 119, 125, 300, 0012, 217).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CamScanner

La presencia de varios planos de difracción mostrados en la Fig. 16, indica una estructura cristalina bien definida y coherente. Los planos de difracción como (104) y (110) son característicos de la estructura trigonal de la calcita, y su identificación confirma la pureza y la calidad de la muestra analizada. La variedad de planos observados en el difractograma también sugiere que la calcita presente es de tipo bien cristalizado, lo que puede influir en propiedades como la dureza y la estabilidad química del mineral.

En un estudio realizado por (De Paula & Silveira, 2009), se confirma que las conchas de ostión están predominantemente compuestas por calcita, lo cual está alineado con los resultados de nuestra investigación.

4.4 Elaboración y Prueba de Resistencia a la Compresión

El proceso de preparación de los bloques macizos biogénicos, con ayuda de lo establecido en (Schmitt & Andreas, 2002), se realizaron los bloques, que después del colado tendría un secado de 24 horas, para que después se sumergiera en agua con cal por 28 días para su proceso de hidratación, pasado los 28 días, se retiraron del agua y se dejaron secar por 1 hora para la realización de las pruebas.

Figura 17. Bloques elaborados (creación propia).

En la Fig. 17, se observa que el bloque ya mostraba las condiciones para que se le realizaran las pruebas correspondientes para verificar que cumpliera con los requerimientos deseados.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CamScanner

En la Fig. 18 se muestra la realización de la prueba de resistencia a compresión sobre un bloque, con el objetivo de determinar el esfuerzo máximo que el bloque puede soportar. Esta prueba es crucial para evaluar la resistencia del material bajo condiciones de carga.

Por otro lado, la Fig. 19 presenta los resultados obtenidos de los bloques tras someterlos a la prueba de resistencia a compresión, denotada como f'c. Esta figura ilustra el desempeño de los bloques después de la prueba, permitiendo una evaluación comparativa de su capacidad de carga y su comportamiento estructural.

Figura 18. Prueba de resistencia a compresión (creación propia).

Figura 19. Bloques con prueba de (f´c) (creación propia).

A continuación, en la tabla 1.2 se muestran los resultados de resistencia a la compresión que se le realizaron a los bloques, con sus respectivos porcentajes y tamaño de partículas.

Tabla 3. Resultados de resistencia a la compresión.

Malla	Tamaño de partículas (mm)	AC-10%	AC-20%	SC-10%	SC-20%	Unidades
BASE	0.00	84.03	84.03	84.03	84.03	Kg/cm^2
200	0.07	90.5	101.96	89.23	88.21	Kg/cm^2
325	0.04	102.34	109.22	99.29	101.2	Kg/cm^2

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CamScanner

En la tabla 3, se presentan los resultados de resistencia para los bloques con diferentes porcentajes de agregado y sustituto. Los datos revelan que los bloques con un 10% y un 20% de agregado y sustituto mostraron resistencias superiores en comparación con el bloque base, que no contenía ningún agregado ni sustituto.

El análisis indicó que la malla Nº 325 proporcionó el tamaño de partícula óptimo para la fabricación de los bloques biogénicos. Además, el porcentaje de 20% de agregado, con $CaCO_3$ como componente, resultó en la mayor resistencia a la compresión. El valor máximo registrado de 109.22 kg/cm² demuestra que el agregado cumple con los requisitos de resistencia necesarios para aplicaciones estructurales exigentes.

Los resultados obtenidos en este estudio muestran una mejora notable en la resistencia a la compresión al utilizar concha de ostión triturada calcinada en comparación con estudios previos. En nuestra investigación, la resistencia a la compresión de la concha de ostión calcinada como sustituto alcanzó 101.2 kg/cm², mientras que como agregado fue de 109.22 kg/cm². En contraste, los resultados de (De Dios Suarez 2022), indicaron que la resistencia a la compresión de la concha de ostión sin calcinar como sustituto fue de 40 kg/cm², y como agregado alcanzó 31 kg/cm².

Estos datos determinan que el proceso de calcinación mejora significativamente las propiedades mecánicas del material. La diferencia en la resistencia a la compresión puede atribuirse a cambios en la estructura química y física de la concha de ostión tras la calcinación, lo que parece aumentar su capacidad para soportar cargas.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CamScanner

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES

La investigación sobre el efecto del tamaño de partículas del carbonato de calcio biogénico en la fabricación de bloques macizos ha arrojado resultados fundamentales que inciden directamente en la mejora y optimización de materiales de construcción.

Teniendo en cuenta algunos aspectos analizados, se llega a la conclusión que el tamaño de las partículas de $CaCO_3$ tiene un impacto significativo en sus propiedades físicas y químicas, así como en su idoneidad para diferentes aplicaciones. Elegir el tamaño adecuado de partículas es crucial e importante para optimizar el rendimiento y la eficiencia en las aplicaciones específicas o por ende en la realización de los bloques macizos biogénicos.

Principalmente lo que se logró demostrar fueron los beneficios que se obtuvieron en la resistencia de compresión que la mayor fue de 109.22 kg/cm^2 en agregados. Este resultado indicó que el agregado en cuestión tiene una capacidad notable para soportar cargas de compresión, lo cual es esencial para su aplicación en los bloques.

La investigación también ha revelado la relación directa entre el tamaño de las partículas del carbonato de calcio biogénico y propiedades esenciales de los bloques macizos, como resistencia mecánica y estabilidad estructural. La variación en el tamaño de las partículas afecta tanto la compacidad y cohesión del material como su capacidad para resistir cargas variables y mantener su integridad bajo condiciones ambientales adversas. La aplicación de técnicas avanzadas de caracterización ha sido crucial para comprender a fondo las propiedades físicas, químicas y estructurales del $CaCO_3$ biogénico.

En resumen, el análisis de DRX permitió identificar de manera precisa el tipo de mineral en la concha de ostión, proporcionando información clave para aplicaciones en estudios geológicos, materiales de construcción o investigaciones sobre la composición de biomateriales.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CamScanner

Asimismo, se ha enfatizado la importancia de adherirse a normativas y especificaciones estándar en la producción y utilización del carbonato de calcio biogénico. Estas normativas aseguran que el material cumpla con requisitos de calidad uniformes y que su desempeño en aplicaciones reales de construcción sea predecible y confiable. Las propiedades estandarizadas del $CaCO_3$ biogénico no solo garantizan la seguridad estructural de los bloques macizos, sino que también contribuyen a la sostenibilidad y eficiencia de los proyectos de construcción a largo plazo.

CAPÍTULO 5.1: RECOMENDACIONES Y PERSPECTIVAS

Con base a los objetivos cumplidos y a los resultados obtenidos en la realización de la tesis se recomienda lo siguiente:

- Verificar el comportamiento de la resistencia a la compresión mecánica en los bloques cuando se le agrega material alternativo con diferentes tamaños de partículas.
- Determinar la capacidad del $CaCO_3$ con y sin tratamiento térmico.
- Explicar la manera en que el $CaCO_3$, permite conservar las propiedades de la resistencia a la compresión de los bloques elaborados con materiales alternativos.
- Preparar bloques a bases de otros polímeros determinando su resistencia a la compresión.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CamScanner

BIBLIOGRAFÍAS

1. Del Castillo Luis, D., Palomino Achulla, A., Larios Francia, R., & Quino Favero, J. (2023). Sustitución del carbonato de calcio inorgánico por carbonato de calcio biogénico obtenido de residuos de las vieiras (argopecten purpuratus) en las industrias peruanas. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 7(1), 3640–3656. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4680

2. Hernández-Zamora, M. F., Jiménez-Martínez, S. I., & Sánchez-Monge, J. I. (2021). Materiales alternativos como oportunidad de reducción de impactos ambientales en el sector construcción. Revista Tecnología En Marcha. https://doi.org/10.18845/tm.v34i2.4831

3. Ramón de los Santos, C., López Rodríguez, A. S., Sifuentes Gallardo, P., Hernández Rivera, M. A., Pérez-Hernández, G., Gárnica Romo, M. G., Rivera trejo, J. G. F., & Diaz Flores, L. L. (2019). Effect of the thermal annealing on the phase transitions of biogenic CaCO3 nanostructures. Journal of the Mexican Chemical Society, 63(1). https://doi.org/10.29356/jmcs.v63i1.422

4. de los Santos, C. R., López Rodríguez, A. S., Sifuentes Gallardo, P., Hernández Rivera, M. Á., Rivera Trejo, J. G. F., & Díaz Flores, L. L. (2016). Reuso de desechos de conchas de ostión «crassostrea virginica». para la obtención de un material como aglomerante de mortero a partir de tratamientos de molienda y calcinación. Revista Espacio I+D Innovación Más Desarrollo, 5(12), 38–48. https://doi.org/10.31644/IMASD.12.2016.a03

5. Peceño, B. (2021). Reciclado de residuos de conchas procedentes de la industria acuícola en distintos materiales de construcción: evaluación técnica y ambiental como árido en barreras acústicas, y como producto para la protección. (Tesis Doctoral Inédita). Universidad de Sevilla, Sevilla https://hdl.handle.net/11441/130468

6. Galván-Ruiz, M., & Velázquez-Castillo, R. (2011). Cal, un antiguo material como una renovada opción para la construcción. Ingeniería Investigación Y Tecnología, 12(1). Recuperado a partir de https://www.revistas.unam.mx/index.php/ingenieria/article/view/24120

7. Curbelo-Hernández, C.; Cruz-Ponce, S.; Ortega-Piloto, L.; & Sotolongo-Valdés, E. A.; (2021). Obtención de sales de calcio a partir de conchas de ostiones a escala de laboratorio. Item Type Journal Contribution. Revista

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

CamScanner

Cubana de Investigaciones Pesqueras Volume. http://hdl.handle.net/1834/42124

8. Hernández Ávila, J., Salinas Rodríguez, E., Blanco Piñón, A., Cerecedo Sáenz, E., & Rodríguez Lugo, V. (2015). Carbonato de Calcio en México. Características geológicas, mineralógicas y aplicaciones. OmniaScience. https://doi.org/10.3926/oms.239

9. Kuhlmann, R. (2001). Calcium Carbonate - A Versatile Mineral. In Calcium Carbonate (pp. 275–311). Birkhäuser Basel. https://doi.org/10.1007/978-3-0348-8245-3_12

10. Jumaat, Z., Islam, S., Safiuddin, M., Salam, M. A., & Hashim, R. (2010). Utilization of solid wastes in construction materials. In Article in International Journal of the Physical Sciences (Vol. 5, Issue 13). https://www.researchgate.net/publication/228360963_Utilization_of_solid_wastes_in_construction_materials

11. Khandve, P., Gulghane, A. A., Gulghane, A. A., & Khandve, P. V. (2015). Management for Construction Materials and Control of Construction Waste in Construction Industry: A Review. In Article in International Journal of Engineering Research and Applications (Vol. 5). https://www.researchgate.net/publication/292695434_Management_for_Construction_Materials_and_Control_of_Construction_Waste_in_Construction_Industry_A_Review

12. Zhang, Y., Du, K., He, J., Yang, L., Li, Y., & Li, S. (2014). Impact factors analysis on the thermal performance of hollow block wall. Energy and Buildings, 75, 330–341. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.02.037

13. Hossain, Md. Z. (2013). Waste Shell Husks Concrete: Durability, Permeability and Mechanical Properties. Journal of Building Construction and Planning Research, 01(03), 61–66. https://doi.org/10.4236/jbcpr.2013.13009

14. Naville, A. (2011). Properties of Concrete (5th ed). Pearson Education.

15. Martín-Morales, M., Cuenca-Moyano, G. M., Valverde-Espinosa, I., & Valverde-Palacios, I. (2017). Effect of recycled aggregate on physical-mechanical properties and durability of vibro-compacted dry-mixed concrete hollow blocks. Construction and Building Materials, 145, 303–310. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.04.013

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CamScanner

16. Cuetara Ricardo, J. R., & Howland Albear, J. J. (2018). Empleo de la metodología de superficies de respuesta para determinar el factor k de las puzolanas naturales y su influencia en la durabilidad de los hormigones. Hormigón y Acero. https://doi.org/10.1016/j.hya.2018.06.002

17. Castillo Lara, R., Antoni, M., Alujas Díaz, A., Scrivener, K., & Martirena Hernández, J. F. (2011). Estudio de la adición de arcillas calcinadas en la durabilidad de hormigones. Revista Ingeniería de Construcción, 26(1), 25–40. https://doi.org/10.4067/S0718-50732011000100002

18. Serralde-Lealba, J. R., Hernández-Ávila, J., Cerecedo-Sáenz, E., Rosales-Ibáñez, R., Salinas-Rodríguez, E., & Barrientos-Hernández, F. R. (2021). Caracterización de la materia prima para la elaboración de un material de construcción, utilizando diatomita y Residuos de Construcción y Demolición (RCD). Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías Del ICBI, 9(Especial2), 213–221. https://doi.org/10.29057/icbi.v9iEspecial2.7808

19. Torres-Carrasco, M., & Puertas, F. (2017). La activación alcalina de diferentes aluminosilicatos como una alternativa al Cemento Portland: cementos activados alcalinamente o geopolímeros. Revista Ingeniería de Construcción, 32(2), 05–12. https://doi.org/10.4067/S0718-50732017000200001

20. Muñoz Pérez, S. P., Tuse Vargas, Y. M., Guerrero Santisteban, K. J., & Vázquez Pérez, Y. A. (2021). Uso de Nanomateriales en la Producción del Concreto: Revisión Literaria. Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada, 6(4), 74–87. https://doi.org/10.25286/repa.v6i4.1676

21. Alexander Osorio Saraz, J., Varón Aristizabal, F., & Alexander Herrera Mejía, J. (2007). Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar mechanical behavior of the concrete reinforced with sugar cane bagasse fibers. Dyna, 74, 69–79 https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49615322

22. Posada, J. C., & Montes-Florez, E. (2021). Revisión: materiales poliméricos biodegradables y su aplicación en diferentes sectores industriales. Informador Técnico, 86(1). https://doi.org/10.23850/22565035.3417

23. Caballero Meza, B., & Florez Lengua, O. (2016). Elaboración de bloques en cemento reutilizando el plástico polietilen - Tereftalato (PET) como alternativa sostenible para la construcción. Universidad de Cartagena. Disponible en: https://hdl.handle.net/11227/4404

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

CamScanner

24. Guerrero Baca, L. F. (2020). El uso de tierra modelada en la intervención de componentes constructivos de adobe. Intervención, 2(22), 131–187. https://doi.org/10.30763/Intervencion.236.v2n22.15.2020

25. Muñoz Perez, S. P., Vallejos Peltroche, D. G., & Pérez Villanueva, J. A. (2023). Revisión sistemática de las propiedades físico-mecánicas del hormigón con incorporación de Ceniza de Madera. Ingeniería Y Competitividad, 25(2). https://doi.org/10.25100/iyc.v25i2.11825

26. Kumar Sateshkumar, S., Oluwaseun Awoyera, P., Kandasamy, T., Nagaraj, S., Murugesan, P., & Ponnusamy, B. (2018). Impact resistance of high strength chopped basalt fibre-reinforced concrete. Revista de La Construcción, 240–249. https://doi.org/10.7764/RDLC.17.2.240

27. Bellei, P., Torres, I., Solstad, R., & Flores-Colen, I. (2023). Potential Use of Oyster Shell Waste in the Composition of Construction Composites: A Review. Buildings, 13(6), 1546. https://doi.org/10.3390/buildings13061546

28. Moghe, A. B., Dhawale, G. D., & Kakpure, R. K. (2020). Investigación experimental sobre la sustitución parcial de cemento por concha de ostra en hormigón simple. Revista de Tecnologías Emergentes e Investigación Innovadora, 7.

29. H. Silva, T., Mesquita-Guimarães, J., Henriques, B., Silva, F. S., & Fredel, M. C. (2019). The Potential Use of Oyster Shell Waste in New Value-Added By-Product. Resources, 8(1), 13. https://doi.org/10.3390/resources8010013

30. Águila-Almanza, E., Hernández-Cocoletzi, H., Rubio-Rosas, E., Calleja-González, M., Lim, H. R., Khoo, K. S., Singh, V., Maldonado-Montiel, J. C., & Show, P. L. (2022). Recuperation and characterization of calcium carbonate from residual oyster and clamshells and their incorporation into a residential finish. Chemosphere, 288, 132550. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132550

31. Águila-Almanza, E., Hernández-Cocoletzi, H., Rubio-Rosas, E., Calleja-González, M., Lim, H. R., Khoo, K. S., Singh, V., Maldonado-Montiel, J. C., & Show, P. L. (2022). Recuperation and characterization of calcium carbonate from residual oyster and clamshells and their incorporation into a residential finish. Chemosphere, 288, 132550. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132550

32. Alvarenga, R. A. F. de, Galindro, B. M., Helpa, C. de F., & Soares, S. R. (2012). The recycling of oyster shells: An environmental analysis using Life

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CamScanner

Cycle Assessment. Journal of Environmental Management, 106, 102–109. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.04.017

33. Sun, Y., Zhang, P., Guo, W., Bao, J., & Qu, C. (2020). Effect of Nano-CaCO 3 on the Mechanical Properties and Durability of Concrete Incorporating Fly Ash. Advances in Materials Science and Engineering, 2020(1). https://doi.org/10.1155/2020/7365862

34. Yoon, H., Park, S., Lee, K., & Park, J. (2004). Oyster Shell as Substitute for Aggregate in Mortar. Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy, 22(3), 158–170. https://doi.org/10.1177/0734242X04042456

35. Gaceta Oficial del Distrito Federal. (2020). Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal. Ciudad de México.

36. secretaria de gobernación [SEGOB] (2014) **NMX-C-441-ONNCCE-2013**. Industria De La Construcción A Mampostería-Bloques-Tabiques-Ladrillos Y Tabicones Para Uso No Estructural Especificaciones Y Métodos De Ensayo (Cancela A La NMX-C-441-Onncce-2005).

37. secretaria de gobernación [SEGOB] (2013) **2 NMX-C-036-ONNCCE-2013**. Industria De La Construcción-Mampostería-Resistencia A La Compresión De Bloques, Tabiques O Ladrillos Y Tabicones Y Adoquines-Método De Ensayo (Cancela A La Nmx-C-036-Onncce-2004).

38. secretaria de gobernación [SEGOB] (2013) **NMX-C-038-ONNCCE-2013.** Industria De La Construcción-Mampostera-Determinación De Las Dimensiones De Bloques, Tabiques O Ladrillos Y Tabicones Método De Ensayo (Cancela A La Nmx-C-038-Onncce-2004).

39. secretaria de gobernación [SEGOB] (2020) **NMX-C-077-ONNCCE-2019.** Industria de la Construcción-Agregados para Concreto-Análisis Granulométrico-Método de Ensayo (Cancela al PROY-NMX-C-077-ONNCCE-2006 y a la NMX-C-077-1997-ONNCCE).

40. American Concrete Institute. (2020). 318-19 Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary. In 318-19 Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary. American Concrete Institute. https://doi.org/10.14359/51716937

41. Álvarez, L., Rosas, F., Márquez, E., & Velazco, E. J. (2017). Caracterización y estabilización de la fase metaestable del carbonato de calcio obtenida

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

CamScanner

mediante la aplicación de una capa de Bi2O2CO3: Al a temperatura ambiente. Avances en Química, 12(1), 13-21.

42. Aparicio Ceja, M. E., & Carbajal Arizaga, G. G. (2010). Utilidad de la difracción de rayos x en las nanociencias. Mundo nano. Revista interdisciplinaria en nanociencias y nanotecnología, 3(2), 62-72.

43. Schmitt, H., & Andreas, H. (2002). Tratado de Construcción 7 ED. España: Editorial Gg.

44. Zhong Bin-Yang, Z. Q.-F. (2012). Structure and Property Characterization of Oyster Shell Cementing Material. Chinese Journal of structural Chemistry, 85-92

45. De Paula, S., & Silveira, M. (2009). Estudios sobre conchas de moluscos: aportaciones de métodos microscópicos y analíticos. Elsevier, 40.

46. De Dios Suarez, J. (2022). Bloque macizo cemento-arena con agregado de triturado de concha de ostión. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CamScanner

ANEXOS

Anexo: Proceso 3.2 de Lavado de Conchas de Ostión

En esta sección se detalla el proceso de lavado de las conchas de ostión utilizando ácido clorhídrico (HCl) y agua. A continuación, se presentan las cantidades específicas de los reactivos empleados para preparar la solución de lavado.

HCl= 0.1 N

Densidad=1.19 gr/cm^3

Pm=36.46 gr/mol

%=37

Agua: 6 L=6000 mL

$$N = \frac{\rho * \frac{\%}{100} * 1000}{Pm}$$

$$N = \frac{1.19 * \frac{37}{100} * 1000}{36.46} = 11.97\ eq/L$$

$$N_1 * V_{1con} = N_2 * V_{2dil}$$

$$11.97 * V_{1con} = 0.1 * V_{2dil}$$

$$V_1 = \frac{0.1 * 6000}{11.97} = 50.12\ mL$$

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CamScanner

Alojamiento de la Tesis en el Repositorio Institucional	
Título de la tesis:	Efecto de Tamaño de Partículas de $Caco_3$ Biogénico Para la Fabricación de Bloques Macizos.
Autor (a) o autores (as) de la tesis:	Carrera Rodríguez, Vanessa
ORCID	https://orcid.org/0009-0000-5744-7207
Resumen de la tesis:	El estudio se centra en analizar cómo el tamaño de partículas del carbonato de calcio biogénico afecta la fabricación de bloques macizos. Utilizando técnicas analíticas y experimentales, se determina cómo las variaciones en el tamaño de las partículas influyen en la estructura cristalina del material, su capacidad de compactación y su desempeño bajo diferentes cargas y condiciones ambientales adversas. La caracterización que se empleo es la difracción de Rayos X, que nos permitió obtener la información del mineral presente en la concha de ostión, que el resultado obtenido a través del difractógrama determinó que es tipo calcita. Pültimo, después de la elaboración de los bloques, se realizó una prueba de resistencia a la compresión, que determinó el número de malla con un mejor tamaño de partículas para la fabricación de bloques macizos es la Nº 325, con un porcentaje de resistencia a la compresión de 109.22 kg/cm²
Palabras claves de la tesis:	Carbonato de calcio, difracción de rayos X, resistencia a compresión, calcita.
Referencias citadas:	

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

CamScanner

EFECTO DE TAMAÑO DE PARTÍCULAS DE CACO3 BIOGÉNICO PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES MACIZOS.

Por VANESSA CARRERA RODRÍGUEZ

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CamScanner

EFECTO DE TAMAÑO DE PARTÍCULAS DE CACO3 BIOGÉNICO PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES MACIZOS.

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%
ÍNDICE DE SIMILITUD

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.geotech.cu Internet	159 palabras — 2%
2	kupdf.net Internet	109 palabras — 1%
3	www.dof.gob.mx Internet	97 palabras — 1%
4	hdl.handle.net Internet	83 palabras — 1%
5	www.gob.mx Internet	60 palabras — 1%
6	www.coursehero.com Internet	58 palabras — 1%
7	ri.uaq.mx Internet	56 palabras — 1%
8	riaa.uaem.mx Internet	44 palabras — 1%
9	eprints.uanl.mx Internet	41 palabras — 1%

DIVISIÓN ACADÉMICA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
UJAT
COORDINACIÓN DE ESTUDIOS TERMINALES

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

CamScanner