

CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS CALIZOS PARA LA ELABORACIÓN DE CONCRETO EN VALLADOLID, YUCATÁN

Lucila Guadalupe Aguilar Rivero¹, Diana Aracelly Loria Arjona²,
Suyen Gandhi Kauli Uc³

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Recibido: 28/06/2019 Aceptado: 24/09/2019 Publicado: 03/12/2019

Resumen.- La falta de estudios de caracterización en materiales empleados en la construcción, pone en riesgo la calidad de las construcciones, por ello el siguiente trabajo expone un procedimiento normado para la caracterización de agregados calizos de alta absorción y lograr así, determinar sus características para ser usados en la elaboración de concretos. Los agregados provienen de cinco bancos de pétreos, los cuales proveen arenas y gravas en la región de Valladolid, Yucatán. Se desarrollaron 10 ensayos regulados por la NMX-C-030-ONNCCE-2004, que abarcaron desde el proceso de muestreo, hasta la ejecución de las pruebas físicas. Los resultados determinaron que los agregados gruesos tienen altos porcentajes de absorción, desgaste; los agregados finos tienen una alta absorción, un módulo de finura elevado y una concentración significativa de partículas arcillosas. La masa específica y densidad de los agregados son adecuadas para concretos.

Palabras clave: Caracterización de agregados, piedra caliza, concreto.

LIMESTONE AGGREGATES CHARACTERIZATION FOR CONCRETE PRODUCTION IN VALLADOLID, YUCATÁN

Abstract.- The lack of characterization studies in materials used in construction, putting the quality of the constructions at risk, therefore the following work will expose a standardized procedure for the characterization of high absorption limestone aggregates and thus achieve, determine their characteristics for be used in the elaboration of concrete. The aggregates come from five stone banks which provide sands and gravels in Valladolid, Yucatan region. Ten trial regulated by NMX-C-030-ONNCCE-2004 were developed, ranging from the sampling process to the execution of the physical tests. The results showed that coarse aggregates have high percentages of absorption, abrasion, as well as elongated and layered particles; Fine aggregates have high absorption, high fineness modulus and a significant concentration of clay particles. Compact unit weight and specific of the aggregates are suitable for concrete.

Keywords: Aggregates characterization, limestone, concrete.

Introducción

Sin duda en el estado de Yucatán uno de los materiales más usados en la industria de la construcción es la piedra caliza. Dada la gran cantidad de este tipo de roca que se encuentra en la región y la importancia que tiene en las obras de infraestructura para la elaboración de materiales o su uso como agregados para la construcción y una amplia gama de aplicaciones que tiene siempre se ha considerado de importancia el conocimiento de sus propiedades físicas y químicas, que, por condiciones de laboratorio y recursos, se aborda esta primera investigación con las propiedades físicas.

En la zona oriente del estado de Yucatán se presentan problemas al momento de diseñar las mezclas para concretos, asfaltos y morteros; ya que se desconocen sus propiedades reales y no es posible tener una confiabilidad en los resultados mecánicos cuando son evaluados. Otro problema es la durabilidad, ya que la zona está sujeta a un alto contenido de humedad, se pueden presentar problemas como la florescencia y carbonatación, provocados en muchas ocasiones por la concentración de elementos degradantes en los agregados que reaccionan con la humedad, por ejemplo, los cloros. Valladolid es una zona con un crecimiento poblacional alto, y la industria de la construcción tiene un avance gradual en el desarrollo de unidades habitacionales, viviendas, oficinas y negocios. Todo lo anterior lleva a la necesidad de conocer, para establecer un mejor control de calidad hacia los agregados de la zona.

Conocer las propiedades de los agregados conlleva a la posibilidad de realizar mejores diseños de mezclas de concretos y asfaltos, ya que se pueden obtener resistencias estimadas y durabilidades más prolongadas. Este estudio se realizará

¹Lucila Guadalupe Aguilar Rivero. Docente del Instituto Tecnológico Superior de Valladolid, Yucatán.

²Diana Aracelly Loria Arjona. Docente del Instituto Tecnológico Superior de Valladolid, Yucatán.

³Suyen Gandhi Kauli Uc. Docente del Instituto Tecnológico Superior de Valladolid, Yucatán. suyen.ku@valladolid.tecnm.mx (**Autor correspondiente**).

de forma técnica-aplicada por los tipos de prueba que se plantean en la metodología, cada una de ellas es regulada por organismos especializados en materiales de la construcción.

Este proyecto se organiza por temas donde se describe en los antecedentes los trabajos previos que se han realizado de los agregados en Yucatán y los resultados obtenidos. Se presentan los objetivos y la metodología que se emplea para alcanzar las metas propuestas; seguido del marco teórico y normativo que establece los lineamientos de las pruebas que serán desarrolladas, así como los espacios a utilizarse, equipos y maquinaria necesaria para su realización; por último, se exponen los resultados de las pruebas realizadas por banco, la comparativa y resultados generales, así como la discusión de los cinco bancos de materiales estudiados. Por fines de confidencialidad se denominarán banco de materiales A, B, C, D, y E respectivamente.

Hoy en día existen estudios de la conformación geológica de la península de Yucatán, así como el estudio de las rocas, realizados en las canteras cercanas a la ciudad de Mérida, Yucatán, propiamente de la región oriente, en el municipio de Valladolid y sus alrededores no hay estudios específicos al respecto.

En la región oriente del Estado se suscita de manera natural el crecimiento tanto poblacional como de la mancha urbana, este último por medio de las unidades habitacionales, que se empezaron a desarrollar desde la década de los 80s, y es en los últimos años que dichas unidades han ido desarrollándose de manera exponencial, así como la construcción y habilitación de edificaciones para diversos usos del sector comercial u habitacional. Lo que hace notorio la presencia de la construcción en la región, por lo que se requiere empezar a conocer las características con las que cuentan los materiales pétreos, más utilizados por su accesibilidad en esta región.

Existen varios bancos de materiales que se están explotando en la zona, de manera particular, este trabajo presenta los resultados de las pruebas realizadas a los materiales pétreos, de las muestras obtenidas en los bancos de materiales de las cinco empresas que venden la mayor cantidad de los mismos en la localidad.

Según observaciones y criterios de los ingenieros civiles con más de veinte años que se encuentran en obra de la edificación, actualmente las edificaciones están presentando diversos comportamientos con respecto a años anteriores, lo que hace suponer que el material de construcción que llega al constructor, tiene alguna alteración, esto hace necesario el estudio de los materiales pétreos, obtenidos desde el banco de materiales, para que en un estudio posterior se haga la comparativa con el que se comercializa y el obtenido directamente después del proceso de extracción.

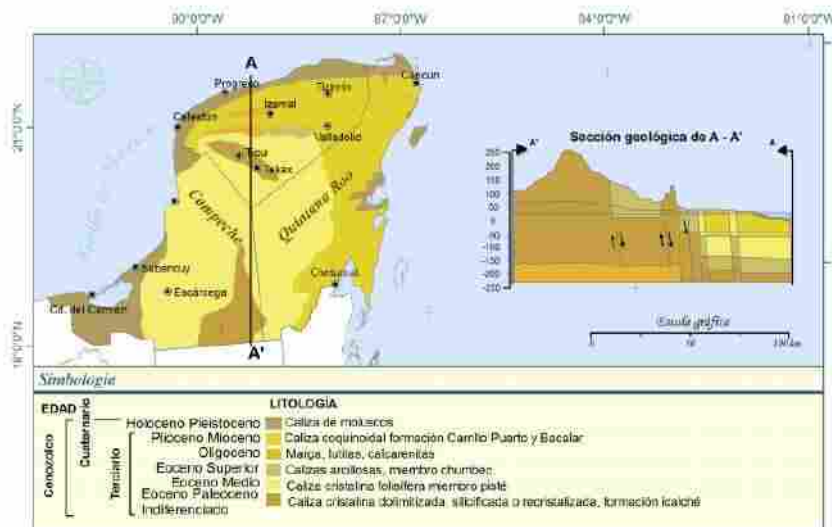


Figura 1. Clasificación Geológica de la Península de Yucatán (García y Graniel, 2010)

En la Figura 1 se observa que la conformación del suelo en la zona oriente es similar y/o igual a la del norte de la Península de Yucatán. Corresponde al de tipo “caliza coquinoideal formación Carrillo Puerto y Bacalar por lo cual sería adecuado el estudio de las características físicas de los materiales para la construcción, debido a que los realizados a la fecha son propiamente del tipo de suelo y no de los materiales, lo que se pretende con esta investigación, es trabajar con el material pétreo después del proceso de extracción. La clasificación geológica denominada Felipe Carrillo Puerto y Bacalar, está conformado en la parte inferior por “coquinas” de 1 m de espesor aproximadamente, cubiertas de calizas duras. El Objetivo General consistió en determinar las propiedades físicas de los agregados calizos usados como material de construcción en la región oriente del Estado de Yucatán. Los objetivos específicos fueron: Obtener las

muestras para su estudio, caracterizar las propiedades físicas de los agregados calizos, y analizar los resultados de la caracterización en base a las especificaciones propias del diseño de mezclas para concreto.

Metodología

La metodología consistió en la obtención de muestras en el campo de los diferentes bancos para su estudio de determinación de muestras, de acuerdo a la norma NMX-C-030-ONNCCE-2004. Se realizó la preparación y acondicionamiento de las muestras mediante el secado de material y el cribado del mismo, utilizando la norma M·MMP·1·03/03. Realización de las pruebas de masa volumétrica para agregados finos y gruesos (NMX-C-073-ONNCCE-2004), análisis granulométrico (NMX-C-077-1997-ONNCCE), masa específica y absorción de agua del agregado grueso (NMX-C-164-ONNCCE-2014), agregados para concreto, las partículas más finas que la criba 0,075 mm (No. 200) por medio de lavado (NMX-C-084-ONNCCE-2006), masa específica y absorción de agua del agregado fino (NMX-C-165-ONNCCE-2014), contenido de agua por secado., método de prueba (NMX-C-166-ONNCCE-2006), resistencia a la degradación por abrasión e impacto de agregados gruesos usando la máquina de los ángeles (NMX-C-196-ONNCCE-2010), Límites de Consistencia, Límites líquido y Plástico (M·MMP·1·07/07), partículas alargadas y lajeadas de materiales pétreos para mezclas (M·MMP·4·005/02). Se analizaron los resultados de la caracterización en base a especificaciones de diseño de mezclas de concreto, mortero y asfalto (NMX-C-111-ONNCCE-2004) mediante métodos estadísticos.

Las actividades principales del estudio fueron:

La identificación de los bancos de agregados calizos, realizada por medio de investigación documental y de opinión de especialistas en la región. Encontrando 5 bancos con mayor presencia comercial en la zona oriente del Estado de Yucatán, denominándolos A, B, C, D y E. Una vez definidos los bancos de materiales a estudiar, se procedió a contactar a los propietarios y solicitar las facilidades para la toma de muestras. La recolección de muestras se realizó en un periodo de 6 meses, tomando porciones iguales de diferente nivel y directriz al del almacén. Las muestras simples se mezclaron para formar una muestra compuesta, representativa del material total almacenado. La determinación del tamaño de muestra por banco de materiales, se realizó conforme a la norma NMX-C-030-ONNCCE-2004, por lo tanto, la muestra fue de 100 kg por banco en lo referente a arenas y de 150 kg por banco en lo referente a gravas.

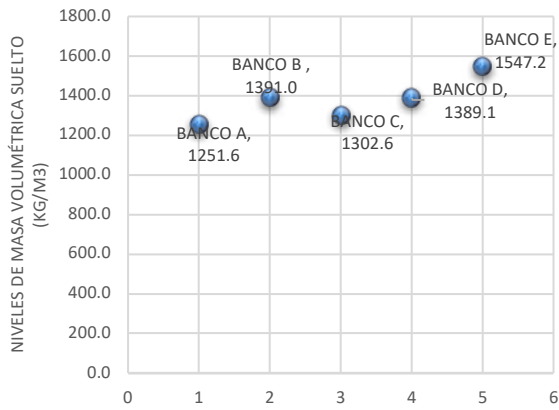
Para la determinación de las características físicas, se realizaron 10 pruebas para determinar masa volumétrica de los agregados finos, 5 pruebas para determinar masa volumétrica de los agregados gruesos, 10 pruebas para determinar tamaños granulométricos de los agregados, 10 pruebas para determinar partículas más finas que la criba 0,075 mm (No. 200) por medio de lavado, 10 pruebas para conocer la masa específica y absorción de agua del agregado fino, 10 pruebas para conocer la masa específica y absorción de agua del agregado grueso, 10 pruebas para conocer el contenido de agua por secado, 5 pruebas para determinar la resistencia a la degradación por abrasión e impacto de agregados gruesos usando la máquina de los ángeles, 5 Pruebas para Límites de Consistencia, y 5 Pruebas para determinar partículas alargadas y lajeadas de materiales pétreos para mezclas.

Resultados

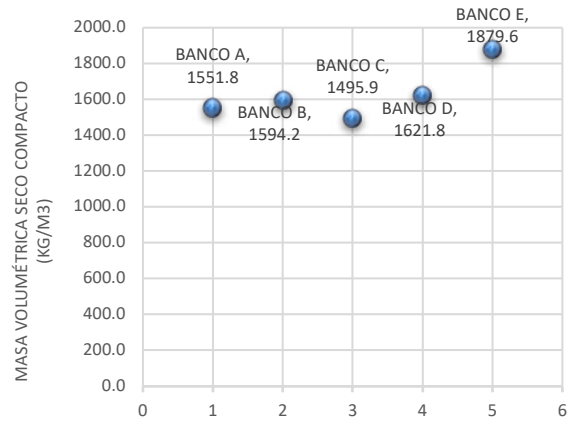
Los resultados para el agregado fino pueden observarse en la Tabla 1 y Gráficas 1 a 8, y para el agregado grueso en la Tabla 2 y Gráficas 9 a 16.

Tabla 1. Resultados de la caracterización del agregado fino por cada Banco

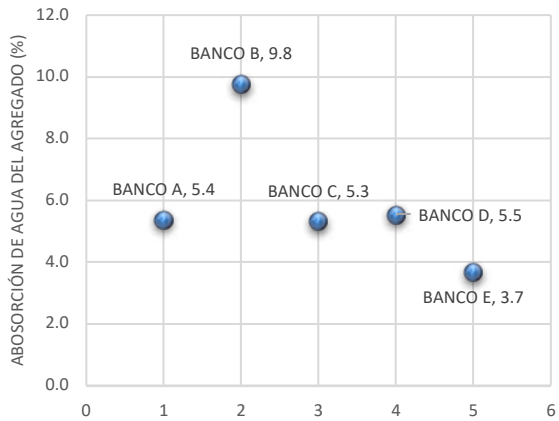
Propiedades	A	B	C	D	E	Promedio	Varianza
Masa Volumétrica Suelta (kg/m ³)	1251.6	1391.0	1302.6	1389.1	1547.2	1376.3	12642.9
Masa Volumétrica seca compacta (kg/m ³)	1551.8	1594.2	1495.9	1621.8	1879.6	1628.6	21929.0
Absorción de agua del agregado (%)	5.4	9.8	5.3	5.5	3.7	5.9	5.2
Módulo de Finura	4.7	4.9	4.9	4.9	5.2	4.9	0.0
Partículas Finas (%)	34.1	28.8	31.0	22.5	28.6	29.0	18.1
Masa específica (dm ³ /kg)	2.3	2.1	2.5	3.1	2.4	2.5	0.1
Contenido de agua (%)	10.2	8.2	9.8	5.9	7.0	8.2	3.3
LL	18.9	19.7	23.2	28.3	17.2	21.5	19.3
LP	17.3	17.7	19.8	12.3	10.9	15.6	14.2
IP	1.7	2.1	3.5	15.9	6.9	6.0	35.0



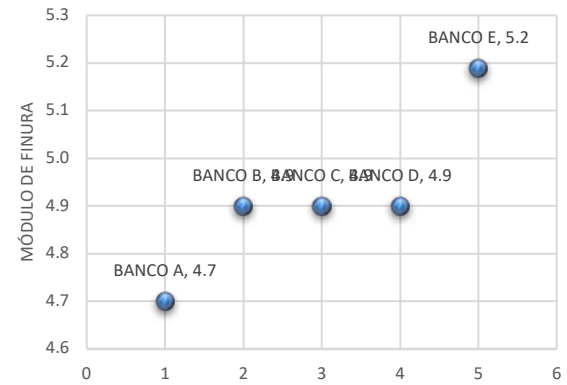
Gráfica 1. Masa volumétrica suelta (kg/m³)



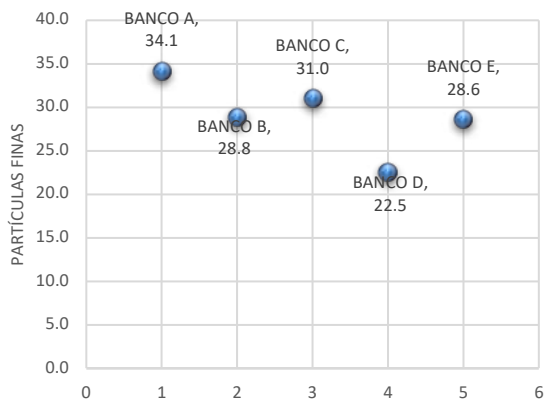
Gráfica 2. Masa volumétrica seca compacta (kg/m³)



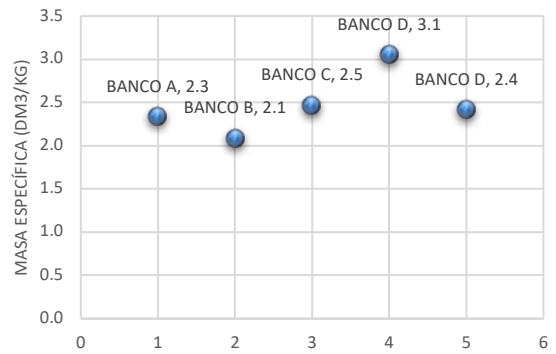
Gráfica 3. Absorción de agua del agregado (%)



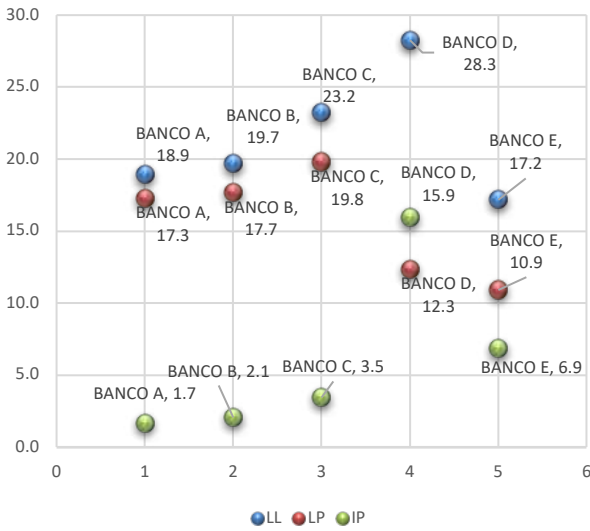
Gráfica 4. Modulo de finura



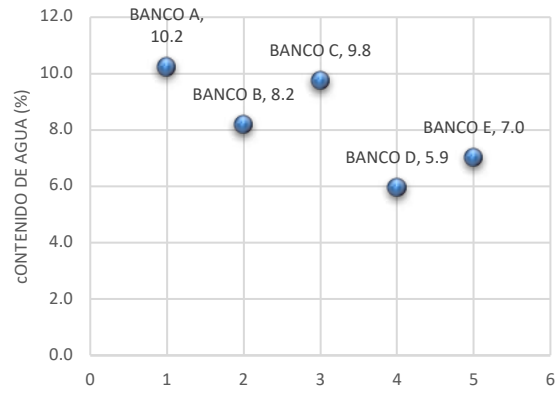
Gráfica 5. Partículas finas (%)



Gráfica 6. Masa específica (dm³/kg)



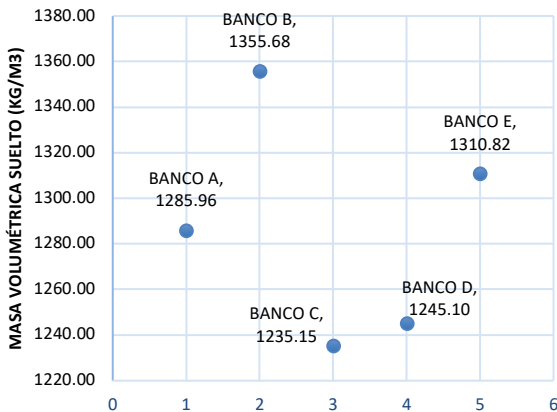
Gráfica 7. Límites de consistencia



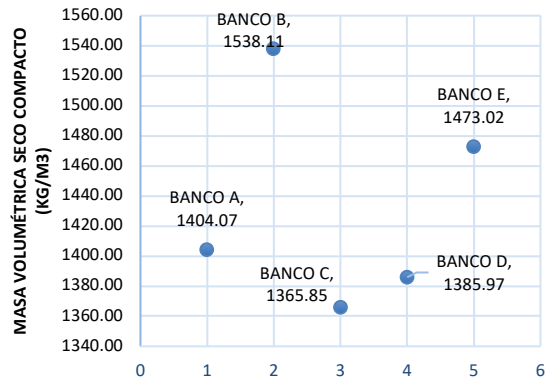
Gráfica 8. Contenido de agua (%)

Tabla 2. Resultados de la caracterización del agregado grueso por cada Banco

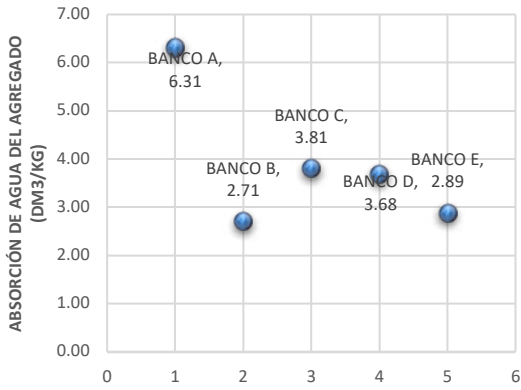
Propiedades	A	B	C	D	E	Promedio	Varianza
Masa Volumétrica Suelto (kg/m ³)	1285.96	1355.68	1235.15	1245.10	1310.82	1286.54	2432.205
Masa Volumétrica seco compacto (kg/m ³)	1404.07	1538.11	1365.85	1385.97	1473.02	1433.40	5051.527
Masa específica (dm ³ /kg)	2092.43	2041.24	2555.49	2156.74	2234.43	2216.06	41228.97
Absorción de agua del agregado (dm ³ /kg)	6.31	2.71	3.81	3.68	2.89	3.88	2.077357
Contenido de agua por secado (%)	2.91	2.52	0.35	1.4	3.55	2.15	1.61923
Resistencia a la abrasión (%)	39.68	34.91	26.35	28.51	37.52	33.39	33.07683
Lajeadas (%)	12.11	10.01	13.35	13.57	18.47	13.50	9.71012
Alargadas (%)	33.66	35.13	28.52	22.1	23.64	28.61	33.7755



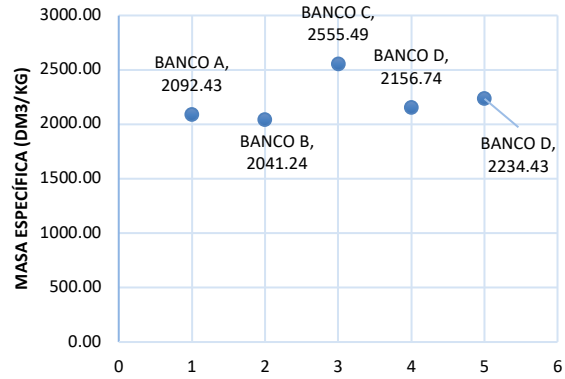
Gráfica 9. Masa volumétrica suelta (kg/m³)



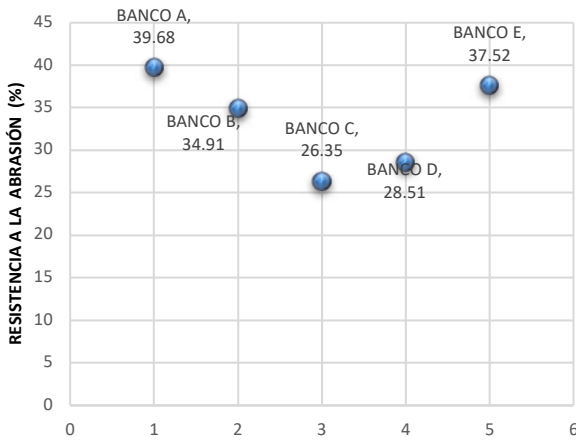
Gráfica 10. Masa volumétrica seca compacta (kg/m³)



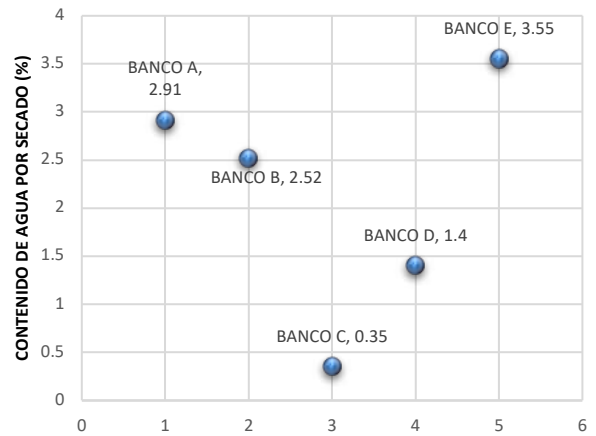
Gráfica 11. Absorción del agua del agregado (dm³/kg)



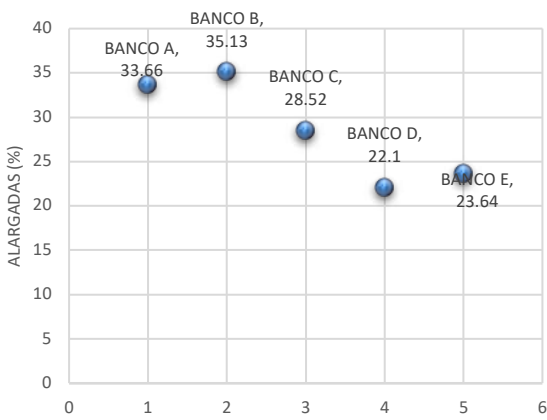
Gráfica 12. Masa específica (dm³/kg)



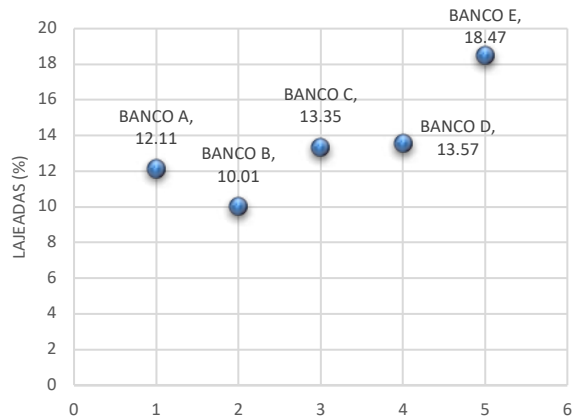
Gráfica 13. Resistencia a la abrasión (%)



Gráfica 14: Contenido de agua por secado (%)



Gráfica 15. Partículas Alargadas (%)



Gráfica 16. Partículas Lajeadas (%)

Discusión

Banco A

Los resultados del banco A para arenas demuestran que la masa volumétrica suelta y compacta tiene valores de pétreos calizos (agregados) para generar concreto de peso normal. La granulometría tiene una distribución dentro de los límites permitidos por lo que se considera apto para elaborar concretos, los módulos de finura a partir de la malla número 200 son altos, se sugiere por ello graduar el material fino antes de incorporarlo para la elaboración de algún mortero o concreto. La masa específica está ligeramente por debajo de lo que se indica para material calizo en concreto normal. Las arenas presentan un alto grado de absorción y tienen alto contenido de humedad en estado natural. Los límites de consistencia están dentro de los rangos permisibles, por lo que no deben generar ningún problema en los concretos por separación de partículas u ondulación de superficie.

De acuerdo a los resultados de pruebas para gravas, la masa volumétrica suelta y compacta tiene valores de pétreos calizos (agregados) para generar concreto de peso normal. La granulometría tiene una distribución dentro de los límites permitidos por lo que se considera apto para elaborar concretos. La masa específica está ligeramente por debajo de lo que se indica para caliza en concreto normal.

Las gravas presentan un alto grado de absorción y tienen alto contenido de humedad en estado natural.

Las partículas alargadas y lajeadas no superan los límites máximos, es decir no afectan en la resistencia a la compresión cuando son aplicados en concretos en estado endurecido. Los agregados son resistentes a las cargas abrasivas en más de un 50% por lo que son adecuados para concretos.

Por lo antes descrito, se concluye que los agregados pétreos del banco de materiales A, tienen las características físicas adecuadas para la elaboración de concretos a excepción del exceso de arcillas en la arena.

Banco B

De acuerdo a los resultados para arenas, la masa volumétrica suelta tiene valores acordes a los materiales pétreos calizos (agregados) para generar concreto de peso normal y la masa volumétrica seca compacta se encuentra ligeramente por encima del límite permisible. La granulometría tiene una distribución dentro de los límites permitidos por lo que se considera apto para elaborar concretos, los módulos de finura a partir de la malla número 200 son altos, se sugiere por ello graduar el material fino antes de incorporarlo para la elaboración de algún mortero o concreto. La masa específica está ligeramente por debajo de lo que se indica para material calizo en concreto normal.

Las arenas presentan un alto grado de absorción y tienen alto contenido de humedad en estado natural. Los límites de consistencia están dentro de los rangos permisibles, por lo que no deben generar ningún problema en los concretos por separación de partículas u ondulación de superficie.

De acuerdo a los resultados de pruebas para gravas, la masa volumétrica suelta tiene valores acordes a los materiales pétreos calizos (agregados) para generar concreto de peso normal y la masa volumétrica seca compacta se encuentra ligeramente por encima del límite permisible. La granulometría tiene una distribución dentro de los límites permitidos por lo que se considera apto para elaborar concretos. La masa específica está por debajo de lo que se indica para roca caliza en concreto normal.

Las gravas presentan un alto grado de absorción y tienen alto contenido de humedad en estado natural.

Las partículas alargadas y lajeadas no superan los límites máximos, es decir no afectan en la resistencia a la compresión cuando son aplicados en concretos en estado endurecido, sin embargo, es importante analizar y considerar la proporción de partículas lajeadas, esto debido a que se encuentra en el límite máximo permisible. Los agregados son resistentes a las cargas abrasivas en más de un 50% por lo que son adecuados para concretos.

Por lo antes descrito, se concluye que los agregados pétreos del banco de materiales B, tienen las características físicas adecuadas para la elaboración de concretos a excepción del exceso de arcillas en la arena.

Banco C

Los resultados del Banco C demuestran que las arenas tienen masa volumétrica suelta y compacta con valores acordes a los materiales pétreos calizos (agregados) para generar concreto de peso normal. La granulometría tiene una distribución dentro de los límites permitidos por lo que se considera apto para elaborar concretos, los módulos de finura a partir de la malla número 200 son altos, se sugiere por ello graduar el material fino antes de incorporarlo para la elaboración de algún mortero o concreto. La masa específica se encuentra entre el rango permisible para el material calizo en concreto normal.

Las arenas presentan un alto grado de absorción y tienen alto contenido de humedad en estado natural. Los límites de consistencia están dentro de los rangos permisibles, por lo que no deben generar ningún problema en los concretos por separación de partículas u ondulación de superficie.

Para las gravas, la masa volumétrica suelta y compacta tiene valores acordes a los materiales pétreos calizos (agregados) para generar concreto de peso normal. La granulometría tiene una distribución dentro de los límites permitidos por lo que se considera apto para elaborar concretos. La masa específica se encuentra entre los límites permisibles, para roca caliza en concreto normal.

Las gravas presentan un alto grado de absorción y tienen alto contenido de humedad en estado natural.

Las partículas alargadas y lajeadas no superan los límites máximos, es decir no afectan en la resistencia a la compresión cuando son aplicados en concretos en estado endurecido. Los agregados son resistentes a las cargas abrasivas en más de un 50% por lo que son adecuados para concretos.

Por lo antes descrito, se concluye que los agregados pétreos del banco de materiales C, tienen las características físicas adecuadas para la elaboración de concretos a excepción del exceso de arcillas en la arena.

Banco D

De acuerdo a los resultados para arenas, la masa volumétrica suelta tiene valores acordes a los materiales pétreos calizos (agregados) para generar concreto de peso normal y la masa volumétrica seco compacta se encuentra por encima del límite permisible. La granulometría tiene una distribución dentro de los límites permitidos por lo que se considera apto para elaborar concretos, los módulos de finura a partir de la malla número 200 son altos, se sugiere por ello graduar el material fino antes de incorporarlo para la elaboración de algún mortero o concreto. La masa específica está ligeramente por encima de lo que se indica para material calizo en concreto normal.

Las arenas presentan un alto grado de absorción y tienen alto contenido de humedad en estado natural. Los límites de consistencia están dentro de los rangos permisibles, a excepción del límite líquido que se encuentra por encima del límite aceptable por lo que no deben generar ningún problema en los concretos por separación de partículas u ondulación de superficie.

Para las gravas, la masa volumétrica suelta y compacta tiene valores de pétreos calizos (agregados) para generar concreto de peso normal. La granulometría tiene una distribución dentro de los límites permitidos por lo que se considera apto para elaborar concretos. La masa específica está por debajo de lo que se indica para caliza en concreto normal.

Las gravas presentan un alto grado de absorción y tienen alto contenido de humedad en estado natural.

Las partículas alargadas y lajeadas no superan los límites máximos, es decir no afectan en la resistencia a la compresión cuando son aplicados en concretos en estado endurecido. Los agregados son resistentes a las cargas abrasivas en más de un 50% por lo que son adecuados para concretos.

Por lo antes descrito, se concluye que los agregados pétreos del banco de materiales D, tienen las características físicas adecuadas para la elaboración de concretos a excepción del exceso de arcillas en la arena.

Banco E

Los resultados del Banco E mostraron que en arenas la masa volumétrica suelta y compacta tiene valores por encima de los límites permisibles de los materiales pétreos calizos (agregados) para generar concreto de peso normal, esto se atribuye al exceso de finos que presenta el material. La granulometría tiene una distribución dentro de los límites permitidos por lo que se considera apto para elaborar concretos, los módulos de finura a partir de la malla número 200 son altos, se sugiere por ello graduar el material fino antes de incorporarlo para la elaboración de algún mortero o concreto. La masa específica se encuentra en el límite inferior permisible que se indica para el material calizo en concreto normal.

Las arenas presentan un alto grado de absorción y tienen alto contenido de humedad en estado natural. Los límites de consistencia están dentro de los rangos permisibles, por lo que no deben generar ningún problema en los concretos por separación de partículas u ondulación de superficie.

De acuerdo a los resultados de pruebas para gravas, la masa volumétrica suelta y compacta tiene valores acordes a los materiales pétreos calizos (agregados) para generar concreto de peso normal. La granulometría tiene una distribución dentro de los límites permitidos por lo que se considera apto para elaborar concretos. La masa específica está ligeramente por debajo de lo que se indica para caliza en concreto normal.

Las gravas presentan un alto grado de absorción y tienen alto contenido de humedad en estado natural.

Las partículas alargadas y lajeadas no superan los límites máximos, es decir no afectan en la resistencia a la compresión cuando son aplicados en concretos en estado endurecido. Los agregados son resistentes a las cargas abrasivas en más de un 50% por lo que son adecuados para concretos.

Por lo antes descrito, se concluye que los agregados pétreos del banco de materiales E, tienen las características físicas adecuadas para la elaboración de concretos a excepción del exceso de arcillas en la arena.

Conclusiones

Con base en los resultados de la investigación, se asume que la masa volumétrica suelta de las arenas en todos los bancos, tiene valores para generar concreto de peso normal y las masas volumétricas secas compactas se encuentran dentro de los límites permisibles. Las distribuciones de granulometría tienen una distribución dentro de los límites aceptables por lo que se considera apto para elaborar concretos, los módulos de finura son altos, por lo que se recomienda graduar el material fino. Las arenas presentan un alto grado de absorción y tienen alto contenido de humedad, pero estos factores no limitan el uso de los agregados en los concretos.

Por lo que toca a las gravas, la masa volumétrica suelta, compacta y masas específicas son aptas para elaborar concretos de peso normal. La granulometría tiene una distribución dentro de los límites, por ella se considera de buena calidad. Las gravas presentan un alto grado de absorción y tienen alto contenido de humedad que no afectan para al diseño de concretos. Las partículas alargadas y lajeadas no superan los límites máximos normados y la abrasión no supera el 50% de desgaste por lo que son adecuados.

En términos generales nuestros agregados tienen condiciones y características para realizar con ellos concreto de peso normal de buena calidad, siempre y cuando tengamos una buena graduación de arena.

Bibliografía

Chan J. et al, Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto, Ingeniería 7-2 (2003), 39-46 pp. Tomado de <http://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen7/influencia.pdf>

Espinosa L. et al, Propiedades geofísicas de rocas y suelos calcáreos. Mediciones de laboratorio en especímenes pequeños, Ingeniería 6-2 (2002), 23-32 pp. <http://www.Users/PC17052016/Downloads/Propiedades>.

Estrada, H., Análisis de compresión en rocas calizas de Yucatán, Memorias del 14 Congreso internacional anual de la SOMIM, Puebla, México, (2008), 602-608 pp.

García, Gerardo y Eduardo Graniel (2010), Geología en: Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán 4-6 pp. <http://www.cicy.mx/Documentos/CICY/sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap1/01%20Geologia.pdf>

Pacheco J., et al, Caracterización del material calizo de la formación Carrillo Puerto en Yucatán, Ingeniería 7-1 (2003), 7-19 pp. <http://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen7/caracterizacion.pdf>

Padilla Rodríguez, A., Materiales Básicos, Universidad Politécnica de Catalunya.

Secretaría de economía, Anuario Estadístico de Minería mexicana 2012, ed. 2013, 552 pp.

Norma Mexicana NMX-C-030-ONNCCE-2004

Norma Mexicana NMX-C-073-ONNCCE-2004

Norma Mexicana NMX-C-077-ONNCCE

Norma Mexicana NMX-C-111-ONNCCE-2004

Norma Mexicana NMX-C-072-1997-ONNCCE

Norma Mexicana NMX-C-196-ONNCCE-2010

Norma Mexicana M·MMP·1·07/07

Norma Mexicana M·MMP·4·04·005/08

N·CMT·2·02·002/02

ASTM C33/C33M-08

Cuerpo Académico de Construcción Sustentable

IES	Instituto Tecnológico de Chetumal
Año de registro	2016

Líneas de generación y/o aplicación del conocimiento que cultiva el cuerpo académico	
Nombre de la línea	Descripción
Tecnologías sustentables para la construcción	Proponer el uso de tecnologías sustentables y procesos alternativos de construcción para el desarrollo de la infraestructura y edificación mediante control de obra y uso de software especializados.
Materiales innovadores para la construcción	Proponer el uso de materiales que contribuyan a reducir el impacto ambiental así como aplicación de nanomateriales y micromateriales innovadores y modificadores de propiedades específicas de los materiales utilizados en la industria de la construcción.

Miembros del cuerpo académico y línea(s) de generación y/o aplicación del conocimiento que cultiva en el cuerpo	
Nombre del miembro	LGAC
CRUZ ARGUELLO JULIO CESAR	Materiales innovadores para la construcción
CRUZ ARGUELLO JULIO CESAR	Tecnologías sustentables para la construcción
JIMENEZ TORREZ LUIS FELIPE	Materiales innovadores para la construcción
JIMENEZ TORREZ LUIS FELIPE	Tecnologías sustentables para la construcción
DOMINGUEZ LEPE JOSE ANTONIO	Tecnologías sustentables para la construcción
YELADA QUI TELLO ALBERTO	Materiales innovadores para la construcción

Áreas y disciplinas del conocimiento en las que impacta el trabajo del cuerpo académico	
Área	Disciplina
Ingeniería y Tecnología	CONSTRUCCIÓN