

UTILIZACIÓN DE MUCILAGO DE NOPAL Y TRITURADO DE LLANTA PARA MEJORA DE LAS CARACTERÍSTICAS MECANICAS DE LOS BTC

Rubén Salvador Roux Gutiérrez y Yolanda Guadalupe Aranda Jiménez

RESUMEN

El presente trabajo presenta los resultados de la investigación realizada en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, con la finalidad de obtener una sistematización de la inclusión de mucílago de nopal y triturado de llanta en los Bloques de Tierra Comprimidos, para obtener un material de calidad. Las conclusiones muestran que, a partir del uso de mucílago con 30 % de concentración, se obtienen mejoras importantes en la compresión simple, ya que todas las poblaciones fueron inferiores a la población control en la absorción de agua, dando dos de ellas menor absorción: la de 10 % con una reducción de 5.83 % y 15 % con 4.10 % de reducción. Los mejores resultados se obtuvieron con 15 % de triturado de llanta a la compresión simple en estado húmedo de la población, incrementando 14.97 % su capacidad de carga. Por último, el análisis de toxicidad resultó negativo para los BTC con triturado de llanta, utilizando 20 % de triturado, la mayor población para este análisis.

Palabras Clave: Mucílago, triturado de llanta, BTC, edificación sustentable, materiales alternativos.

INTRODUCCIÓN

Los materiales de tierra cruda han sido utilizados para la fabricación de muros en muchas partes del mundo. Actualmente, cuando la necesidad de producir edificaciones sustentables cobra una importancia preponderante, la tierra ha vuelto a ser utilizada como material de construcción. Sin embargo, son pocos los estudios tendientes a sistematizar de una manera científica los procesos de fabricación de estos materiales o como mejorarlos.

Por otra parte, se tiene el grave problema de contaminación de residuos sólidos, como es el caso de los neumáticos de desecho: “Uno de los más grandes problemas de contaminación en el mundo lo ocasionan los neumáticos de desecho. Tan sólo en México se generan 25 millones de llantas anualmente, de las cuales se calcula que 4 millones se concentran en el Distrito Federal. Otro tanto, clandestinamente, va a parar a cañadas, ríos y laderas de carreteras, tornándose un factor generador de incendios y, al acumularse el agua de lluvia en ellos, de mosquitos y otras plagas. De esto se deriva un serio problema de salud pública, cuando podría ser la causa de fructíferas oportunidades de negocios”. (García, 2003). El reciclaje de estos materiales sería una buena alternativa para acabar con el problema, como usar el triturado como elemento que permita mejorar las características mecánicas de los Bloques de Tierra Comprimida (BTC), sustituyendo una parte de arena.

Los estabilizantes para la fabricación de BTC pueden ser de origen vegetal como: fibras, savias, de origen animal: pelo de animal, estiércol de caballo, o bien de origen mineral como cemento o cal. (Minke, G. 2001). Los estabilizantes minerales se emplean para mejorar las características del suelo empleado como materia prima para su fabricación.

El mucílago de nopal, estabilizante de origen vegetal, usado ancestralmente de manera empírica para la construcción, sin probar su efectividad y la concentración adecuada y, por consiguiente, mejorar las características de los Bloques de Tierra Comprimida ante el agua. La presente investigación tiene dos vertientes: 1. sistematizar el proceso de fabricación de los BTC utilizando mucílago y triturado de llanta y 2. mejorar sus características mecánicas de los materiales así fabricados.

JUSTIFICACIÓN

En estudios anteriormente realizados se ha podido determinar que los materiales de tierra tienen buen comportamiento a la compresión simple (Roux Gutiérrez, 1990), sin embargo, su comportamiento en estado húmedo se reduce en 50 % aproximadamente, por lo que es deseable mejorar este aspecto para garantizar una mejor calidad. Esta falta de resistencia presenta la falta de confiabilidad de estos materiales, si bien se han hecho estudios para poder estabilizar los BTC con materiales como: cal (Ramsey, 1999), cemento (Roux, 1990), resinas y asfaltos, pero poco se ha hecho con materiales naturales como el mucílago de nopal e investigar el comportamiento de los BTC estabilizados con triturado de llanta.

En ese marco, se consideran tres alternativas: 1. obtener una sistematización de los procesos de fabricación a partir del uso de mucílago con triturado de llanta, a fin de mejorar las características mecánicas de los BTC; 2. lograr un uso adicional a los desechos a partir de neumáticos de desperdicio y 3. obtener un material de calidad y bajo costo que permita cubrir la gran demanda de vivienda de interés social en México y en especial en Tamaulipas.

El Presidente de México ha dado 'prioridad nacional a la vivienda y ha establecido la meta de construir 750,000 viviendas por año en el marco de un programa sectorial para el período 2001-2006', expuso el relator especial Sr. Miloon Kothari, y continúa 'Según el censo de vivienda y población realizado en el 2000, México, contaba con 21.5 millones de viviendas para 22.3 millones de familias, con un déficit absoluto de 756,000 unidades de vivienda al año 2000'. Además, las previsiones demográficas para los próximos 30 años indican que se necesitará una media de 732,000 nuevas viviendas por año durante los próximos 10 años para satisfacer la creciente demanda de viviendas debido al crecimiento de la población.

Se prevé que entre 2010 y 2030 la demanda de viviendas aumentará a 800,000 unidades por año. Las viviendas en arriendo a un precio asequible están muy poco desarrolladas en México, por lo que los sectores más pobres de la sociedad que no reúnen las condiciones para los programas estatales de financiación de la vivienda disponen de muy pocas opciones. La demanda de vivienda en Tamaulipas es de aproximadamente 37, 254 unidades (CONAVI, 2006), volumen que representa un gran consumo energético para construirlas por los sistemas convencionales de construcción.

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar y sistematizar los procesos de fabricación de materiales de tierra cruda, BTC específicamente, con mucílago concentrado y triturado de llantas de desecho, que mejoren significativamente las características físicas y mecánicas de los mismos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar las características de los BTC respecto al porcentaje de absorción de agua, mediante bloques testigo y a diferentes concentraciones de mucílago en el agua de mezclado y con diferentes concentraciones de triturado de llantas.
2. Comprobar de manera científica si la utilización empírica y ancestral del mucílago de nopal es justificable y técnicamente viable para la fabricación de los BTC.
3. Determinar el grado de salinidad, acidez y resistencia a los álcalis del mucílago, mediante pruebas químicas.
4. Determinar la concentración de mucílago en el agua de mezclado para mejorar significativamente las características físicas de los BTC.
5. Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los BTC elaborados con mucílago de nopal y triturado de llantas.
6. Evaluar el grado de toxicidad de los BTC con triturado de llanta, mediante pruebas químicas.

METODOLOGÍA

El proceso de fabricación se inicia con la selección y aptitud del suelo. Al no encontrar un suelo con las características ideales en la zona de estudio, se decidió en este caso fabricar uno con la mezcla de una arcilla de baja plasticidad (CL, 60 %) y una arenal limosa (40 %), incorporándole 6 % de cemento como primer estabilizador. La Tabla 1 muestra las variables de concentraciones de mucílago y triturado de llanta y las proporciones para producir 14 bloques de 14 x 28 x 10 cm.

Tabla 1. Mezcla de materiales

Material	Cantidad	Unidad
Arcilla de baja plasticidad	21.00	Kg
Arena limosa	23.00	Kg
Cemento	8.00	Kg
Concentración de mucílago y agua	6.00	Lts

Selección de especies de nopal: Se analizaron dos especies de nopal (*Opuntia rastrera* y *Opuntia ficus-indica*), con diferentes pruebas químicas, destacándose la diferencia de viscosidad del mucílago obtenido en cada caso: la primera especie tuvo una viscosidad de 71 % y la segunda solo 3 %.

Concentración y viscosidad: Para la preparación de las concentraciones, se seleccionó la especie de nopal (*Opuntia rastrera*), conocida como ‘nopal forrajero’, por su alto porcentaje de viscosidad, para elaborar los lotes de BTC, los cuales solo llevarían el mucílago como variable para determinar la concentración que mejoraría significativamente las características de los bloques.

Forma de preparación del mucílago: A las pencas se les quemaron las espinas, para picarlo posteriormente en cuadros y ubicarlos en un tambor con 50 lts de agua, por 5 días hasta que se obtuvo todo el mucílago. Para la obtención del mismo es necesario separarlo de la fibra del nopal. Una vez que se separó se vuelve a medir la cantidad de líquido para determinar la concentración.

Soluciones con agua: A partir de esta concentración, se hicieron las primeras soluciones agregando agua al mucílago de la primera concentración para 22 lts., cantidad necesaria para elaborar 50 bloques, más las muestras líquidas para las pruebas químicas.

En una primera etapa, se elaboraron 5 lotes de BTC, los bloques testigo para comparar, solo con agua, y con mucílago en concentraciones de 1, 2, 3, y 4 %. Cada población de 50 muestras.

En una segunda etapa, a partir de los resultados obtenidos, se elaboraron 5 lotes más con concentraciones de 10, 20, 30, 40 y 50 %, obteniéndose los siguientes resultados para las diferentes pruebas practicadas, según indica las Tablas 2, 3 y 4.

En el caso de los números negativos en la Tabla 4, hubo 4 % de pérdida de masa y no se consideraron para el promedio.

Las Tablas 5, 6 y 7 indican los resultados de la segunda etapa, con los bloques denominados de alta concentración de mucílago.

Tabla 2. Resistencia de la BTC a la compresión seco.

		CONDENSADO DE RESISTENCIA DE BTC A LA COMPRESION				
Proyecto:		Supervisión:				
Localización:		Muestreado por				
Constructora:	FACULTAD DE ARQUITECTURA	Fecha:	23 de junio de 2008.			
Elaborado por:	PERSONAL DE LA FADU	Resist. Proyecto	60 KG/CM ²			
Material:	40 % ARENA LIMOSA, 60 % ARCILLA, 6 % DE CEMENTO	Norma de ref.	NMX-C-404-ONNCCE-1997			
		Ensayados por	Manuel Monroy Estrada			
	BLOQUE	0	1%	2%	3%	4%
	1	53.57	40.81	47.95	39.28	35.20
	2	55.10	25.51	41.32	41.83	53.57
	3	44.38	37.75	50.00	28.57	49.48
	4	40.81	27.04	36.22	30.61	45.40
	5	38.77	36.73	30.10	52.04	33.16
	6	69.89	35.20	44.89	39.79	28.06
	7	55.61	33.67	32.90	51.02	36.73
	8	57.14	33.16	49.48	38.77	42.85
	9	44.38	35.71	29.59	40.81	37.75
	10	35.71	21.93	54.08	42.85	25.51
	PROMEDIO	49.54	32.75	49.65	40.55	38.67

Tabla 3. Resistencia de la BTC a la compresión en estado húmedo

CONDENSADO DE RESISTENCIA DE BTC A LA COMPRESION ESTADO						
Proyecto		Supervisión				
Localización		Muestreado por				
Constructora	FACULTAD DE ARQUITECTURA	Fecha			23 DE JUNIO DE 2008.	
Elaborado por	PERSONAL DE LA FADU	Resist. Proyecto			60 KG/CM ²	
Material	40 % ARENA LIMOSA, 60 % ARCILLA, 6 % DE CEMENTO	Norma de ref.			NMX-C-404-ONNCCE-1997	
		Ensayado por			Manuel Monroy Estrada	
	BLOQUE					
	1	28.06	15.94	7.14	10.2	5.1
	2	25.51	2.04	13.26	3.82	12.75
	3	28.06	5.99	14.03	17.85	5.1
	4	5.10	15.31	12.75	13.01	5.1
	5	30.61	10.20	19.13	12.5	12.75
	6	33.16	15.56	10.84	5.1	7.65
	7	25.51	5.61	13.39	9.69	22.95
	8	15.30	6.89	23.46	17.85	22.95
	9	30.61	10.33	12.24	2.55	10.2
	10	25.51	4.97	14.28	14.28	15.3
	PROMEDIO	24.74	10.60	14.052	11.59	11.985

Tabla 4. Absorción de agua

CONDENSADO DE ABSORCIÓN DE AGUA						
Proyecto:		Supervisión				
Localización:		Muestreo por				
Constructora:	Facultad de Arquitectura	Fecha			23 DE JUNIO DE 2008.	
Elaborado por:	Personal de la FADU	Resist. Proyecto				
Material:	40 % Arena limosa, 60 % Arcilla, 6 % De Cemento	Norma de ref.				
		Ensayados por			Manuel Monroy Estrada	
	BLOQUE	0	1%	2%	3%	4%
	1	9.66	6.54	5.74	6.17	5.32
	2	9.59	-6.11	7.41	1.86	7.86
	3	9.49	-3.29	8.43	7.59	6.77
	4	5.12	6.50	8.34	8.26	3.04
	5	9.21	4.21	8.38	5.80	6.93
	6	8.43	7.72	6.37	2.82	7.48
	7	9.33	3.00	8.34	8.23	7.60
	8	8.76	2.40	9.22	8.71	7.44
	9	8.50	6.08	8.73	-0.20	6.95
	10	9.22	2.27	9.12	7.67	7.24
	PROMEDIO	8.73	4.84	8.01	6.35	6.66

Tabla 5. Resistencia de BTC a la compresión en estado seco

 CONDENSADO DE RESISTENCIA DE BTC A LA COMPRESION ESTADO SECO	
Proyecto:	Supervision:
Localizacion:	Muestreado por:
Constructora: Facultad de Arquitectura	Fecha: 23 DE JUNIO DE 2008.
Elaborado por: Personal de la FADU	Resist. Proy. :
Material: 40 % Arena limosa, 60 % Arcilla, 6 % De Cemento	Norma de ref.: NMX-C-404-ONNCCE-1997
	Ensayados por: Manuel Monroy Estrada
BLOQUE	0 10% 20% 30% 40% 50%
1	53.57 71.55 63.26 61.37 77.01 80.46
2	55.10 53.57 51.53 59.33 98.16 77.16
3	44.38 58.29 68.87 62.42 73.16 81.20
4	40.81 59.66 56.12 57.50 87.96 75.76
5	38.77 59.03 53.57 73.85 77.12 69.28
6	69.89 57.57 56.12 56.37 72.68 72.93
7	55.61 65.86 66.32 54.33 79.54 72.19
8	57.14 76.22 62.75 66.83 80.56 77.55
9	44.38 56.19 58.67 69.33 81.30 87.04
10	35.71 68.46 52.55 69.51 86.04 81.45
PROMEDIO	49.54 62.64 58.98 63.08 81.35 77.50

Tabla 6. Resistencia de la BTC a la compresión en estado húmedo

 CONDENSADO DE RESISTENCIA DE BTC A LA COMPRESION ESTADO HÚMEDO	
Proyecto:	Supervision:
Localizacion:	Muestreado por:
Constructora: FACULTAD DE ARQUITECTURA	Fecha: 23 DE JUNIO DE 2008.
Elaborado por: PERSONAL DE LA FADU	Resist. Proy. :
Material: 40 % ARENA LIMOSA, 60 % ARCILLA, 6 % DE CEMENTO	Norma de ref.: NMX-C-404-ONNCCE-1997
	Ensayados por: Manuel Monroy Estrada
BLOQUE	0 10% 20% 30% 40% 50%
1	28.06 35.58 46.07 43.62 68.31 45.61
2	25.51 38.44 57.24 52.63 62.47 58.77
3	28.06 38.87 51.42 40.97 46.30 49.26
4	5.10 47.55 42.44 48.62 44.05 49.18
5	30.61 34.66 43.75 47.80 58.06 46.86
6	33.16 33.06 56.14 36.94 60.94 57.24
7	25.51 40.02 63.41 45.25 66.30 55.43
8	15.30 30.99 48.44 37.81 56.14 55.61
9	30.61 34.23 33.39 27.37 44.05 52.32
10	25.51 24.92 48.8 32.88 35.76 56.37
PROMEDIO	24.74 35.832 49.11 41.39 54.24 52.67

Tabla 7. Absorción de agua

FADU		CONDENSADO DE ABSORCIÓN DE AGUA					
Proyecto:		Supervision:					
Localizacion:		Muestreado por:					
Constructora:	FACULTAD DE ARQUITECTURA	Fecha:		23 DE JUNIO DE 2008.			
Elaborado por:	PERSONAL DE LA FADU	Resist. Proy. :					
Material:	40 % ARENA LIMOSA, 60 % ARCILLA, 6 % DE CEMENTO	Norma de ref.:					
		Ensayados por:		Manuel Monroy Estrada			
	BLOQUE	0	10%	20%	30%	40%	50%
	1	9.66	4.61	8.95	4.27	3.32	3.74
	2	9.59	3.73	7.18	3.93	3.63	3.80
	3	9.49	4.09	8.33	5.54	3.74	3.58
	4	5.12	3.77	4.89	5.33	4.35	3.49
	5	9.21	4.81	8.75	3.93	3.10	3.95
	6	8.43	3.71	8.45	5.81	3.97	4.59
	7	9.33	4.01	9.14	4.42	2.36	4.27
	8	8.76	3.95	8.88	4.33	3.34	3.19
	9	8.50	4.42	8.51	4.91	4.71	3.81
	10	9.22	4.32	9.53	4.63	3.95	4.23
	PROMEDIO	8.73	4.14	8.26	4.71	3.65	3.87

En cuanto al triturado de llanta se hicieron 4 poblaciones con 5, 10, 15 y 20 %, porcentaje que se le fue restando a la cantidad de arena limosa original. También se hizo una muestra control sin triturado. La Tabla 8 indica los datos en peso del triturado según el porcentaje y la relación con la arena.

Tabla 8. Peso de triturado y arena

Porcentaje de triturado	Peso de triturado	Peso de arena	Peso total
5%	1.15 Kg	21.85 Kg	23.00 Kg
10%	2.30 Kg	20.70 Kg	23.00 Kg
15%	3.35 Kg	19.55 Kg	23.00 Kg
20%	4.60 Kg	18.40 kg	23.00 Kg

RESULTADOS

Las Tablas 9, 10, 11, 12 y 13 indican los resultados de la resistencia a la compresión en estado húmedo, y la Tabla 14 indica la absorción de agua.

Tabla 9. Resistencia de bloques de tierra comprimida a la compresión.

 RESISTENCIA DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA A LA COMPRESION														
Proyecto								Supervisión						
Localización								Muestreo por						
Constructora	FACULTAD DE ARQUITECTURA							Fecha	12 DE JUNIO DE 2008.					
Elaborado por	PERSONAL DE LA FADU							Resist. Proy.	60 KG/CM ²					
Material	40% Arena limosa, 60% Arcilla, 30% Mucilago, 6% Cemento y 5% Triturado de Llanta							Norma de ref.	NMX-C-404-ONNCCE-1997					
								Ensayados por	Manuel Monroy Estrada					
Muestra No,	F	E	C	H	A	Edad en días	L ext.	An ext.	Alt ext.	AREA TOTAL	CARGA	E kg/cm	L O T E	
1	12-06-08					20-06-08	10	28.0	14.0	10.5	392.0	16349.0	42.68	
2	12-06-08					20-06-08	10	28.0	14.0	10.5	392.0	18150.0	46.30	
3	12-06-08					20-06-08	10	28.0	14.0	10.5	392.0	12040.0	30.71	
4	12-06-08					20-06-08	10	28.0	14.0	10.5	392.0	9930.0	25.33	
5	12-06-08					20-06-08	10	28.0	14.0	10.5	392.0	11090.0	28.29	
Dimensión promedio cm							28.0	14.0	10.5	392.0	RESIST. PROMEDIO:		34.4	KG/CM²
OBSERVACIONES: Las muestras ensayadas son sin cabeceo de azufre y en estado húmedo L = largo exterior, An = ancho exterior, Alt = Altura exterior, E = Esfuerzo														

Tabla 10. Resistencia de bloques de tierra comprimida a la compresión.

 RESISTENCIA DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA A LA COMPRESION														
Proyecto								Supervisión						
Localización								Muestreado por						
Constructora	Facultad de arquitectura							Fecha	11 DE JUNIO DE 2008.					
Elaborado por	Personal de la FADU							Resist. Proy.	60 KG/CM ²					
Material	40% arena limosa, 60% arcilla, 30% mucilago, 6% de cemento y 10% triturado de llanta							Norma de ref.	NMX-C-404-ONNCCE-1997					
								Ensayados por	Manuel Monroy Estrada					
Muestra No,	F	E	C	H	A	Edad días	L ext.	An ext.	Alt ext.	AREA TOTAL	CARGA	E kg/cm	L O T E	
1	11/6/08					20/6/08	10	28.0	14.0	10.5	392.0	17340.0	44.23	
2	11/6/08					20/6/08	10	28.0	14.0	10.5	392.0	14260.0	36.38	
3	11/6/08					20/6/08	10	28.0	14.0	10.5	392.0	16320.0	41.63	
4	11/6/08					20/6/08	10	28.0	14.0	10.5	392.0	17120.0	43.67	
5	11/6/08					20/6/08	10	28.0	14.0	10.5	392.0	18230.0	46.51	
Dimensión promedio							28.0	14.0	10.5	392.0	RESIST. PROMEDIO:		42.4	kg/cm²
OBSERVACIONES: Las muestras ensayadas son sin cabeceo de azufre y en estado húmedo L = largo exterior, An = ancho exterior, Alt = Altura exterior, E = Esfuerzo														

Tabla 11. Resistencia de bloques de tierra comprimida a la compresión.

 RESISTENCIA DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA A LA COMPRESION											
Proyecto:							Supervision				
Localizacion:							Muestreo por				
Constructora:		FACULTAD DE ARQUITECTURA					Fecha		12/06/2008.		
Elaborado por:		PERSONAL DE LA FADU					Resist. Proy		60 KG/CM ²		
Material:		40% arena limosa, 60% arcilla, 30% mucilago, 6% de cemento y 15% triturado de llanta					Norma de ref.		NMX-C-404-ONNCCE-1997		
							Ensayados por		Manuel Monroy Estrada		
Muestra No,	F e c h a		Edad días	L ext.	An Ext.	Al ext.	Area Total	Carga	E KG/CM	L O T E	
	Elab.	Ensaye									
1	12/06/08	20/06/08	10	28.0	14.0	10.5	392.0	24780.0	63.21		
2	12/06/08	20/06/08	10	28.0	14.0	10.5	392.0	23870.0	60.89		
3	12/06/08	20/06/08	10	28.0	14.0	10.5	392.0	14330.0	35.56		
4	12/06/08	20/06/08	10	28.0	14.0	10.5	392.0	20010.0	51.05		
5	12/06/08	20/06/08	10	28.0	14.0	10.5	392.0	22730.0	57.98		
Dimensión promedio				28.0	14.0	10.5	392.0	RESIST. PROMEDIO:		53.94	KG/CM ²
OBSERVACIONES: Las muestras ensayadas son sin cabeceo de azufre y en estado húmedo L = largo exterior, An = ancho exterior, Alt = Altura exterior, E = Esfuerzo											

Tabla 12. Resistencia de bloques de tierra comprimida a la compresión.

 RESISTENCIA DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA A LA COMPRESION											
Proyecto:							Supervision				
Localizacion:							Muestreo por				
Constructora:		Facultad de Arquitectura					Fecha		10 DE JUNIO DE 2008.		
Elaborado por:		Personal d l FADU					Resist. Proyecto		60 KG/CM ²		
Material:		40% Arena Limosa, 60% Arcilla, 30% Mucilago, 6% De Cemento y 20% Triturado De Llanta					Norma de ref.		NMX-C-404-ONNCCE-1997		
							Ensayados por		Manuel Monroy Estrada		
Muestra No,	F E C H A		Edad días	Largo ext.	Ancho ext.	Altura ext.	AREA Total	Carga	E kg/cm	L O T E	
	Elab.	Ensaye									
1	10-jun-08	20-jun-08	10	28.0	14.0	10.5	392.0	17090.0	43.60		
2	10-jun-08	20-jun-08	10	28.0	14.0	10.5	392.0	10610.0	27.07		
3	10-jun-08	20-jun-08	10	28.0	14.0	10.5	392.0	16100.0	41.07		
4	10-jun-08	20-jun-08	10	28.0	14.0	10.5	392.0	14230.0	36.30		
5	10-jun-08	20-jun-08	10	28.0	14.0	10.5	392.0	22390.0	57.12		
Dimensión promedio				28.0	14.0	10.5	392.0	RESIST. PROMEDIO:		41.03	KG/C M ²
OBSERVACIONES : Las muestras ensayadas son sin cabeceo de azufre y en estado húmedo											

Tabla 13. Resistencia de bloques de tierra comprimida a la compresión.

		CONDENSADO DE RESISTENCIA DE BTC A LA COMPRESION ESTADO				
		CON DIFERENTES PORCENTAJES DE TRITURADO DE LLANTA				
Proyecto:		Supervisión				
Localización:		Muestreo por				
Constructora:	Facultad De Arquitectura	Fecha		10 al 12 de junio de 2008.		
Elaborado por:	Personal de la FADU	Resist. Proy.		60 KG/CM ²		
Material:	40% Arena limosa, 60% Arcilla, 6% De Cemento	Norma de ref.		NMX-C-404-ONNCCE-1997		
		Ensayados por		Manuel Monroy Estrada		
	BLOQUE	0	5%	10%	15%	20%
	1	43.62	42.68	44.23	63.21	43.60
	2	52.63	46.30	36.38	60.89	27.07
	3	40.97	30.71	41.63	35.56	41.07
	4	48.62	25.33	43.67	51.05	36.30
	5	47.80	28.29	46.51	57.98	57.12
	PROMEDIO	46.73	34.66	42.48	53.73	41.03

Tabla 14. Absorción de absorción de agua.

		CONDENSADO DE ABSORCIÓN DE AGUA				
Proyecto		Supervisión				
Localización		Muestreo por				
Constructora	Facultad de Arquitectura	Fecha		Del 10 al 12 de junio de 2008		
Elaborado por	Personal de la FADU	Resist. Proy.				
Material	40% Arena Limosa, 60% Arcilla, 6% De Cemento	Norma de ref.				
		Ensayados por		Manuel Monroy Estrada		
	BLOQUE	0	5%	10%	15%	20%
	1	4.27	9.28	4.80	5.12	9.45
	2	3.93	10.51	4.95	4.12	11.09
	3	5.54	11.50	3.70	4.04	8.55
	4	5.33	12.44	5.23	3.77	9.41
	5	3.93	11.62	3.14	5.44	8.24
	PROMEDIO	4.63	11.07	4.36	4.49	46.74

ESTUDIO DE TOXICIDAD DE LOS BTC CON TRITURADO DE LLANTA

A los BTC elaborados con triturado de llanta se les hizo un análisis toxicológico en base a las pruebas C.R.I.T, según Normas NOM-052-SEMARNAT/2005 y NOM-053-SEMARNAT/93 y se le realizaron las pruebas de corrosividad, reactividad e inflamabilidad, con los resultados presentados en la Tabla 15.

Tabla 15. Resultado de las pruebas de corrosividad, reactividad, explosividad y toxicidad.

	NUMERAL (NOM-052- SEMARNAT-2005)	ALCANCE	RESULTADO	LMP NOM-052- SEMARNAT-2005	LIMITE DE DETECCION DEL METODO
CORROSIVIDAD	7.2.1/7.2.2	A	10,75 UpH	2 - 12,5 U pH	No Aplica
	7.2.3	A	No Aplica	6,35 mm/año	No aplica
REACTIVIDAD	7.3.1	B	Negativo	Negativo	No Aplica
	7.3.2	B	Negativo	Negativo	No Aplica
	7.3.3	B	Negativo	Negativo	No Aplica
	7.3.4	A	N.D.	250mg HCN/Kg	< 2,0
	7.3.4	A	N.D.	500mg H ₂ S/Kg	< 2,0
EXPLOSIVIDAD					
	7.4	C	Ver Parte III Anexo 2	Negativo	No Aplica
TOXICIDAD AL AMBIENTE					
	7.5.1	A	Ver Resultados para los parámetros de la tabla 2 de la NOM- SEMARNAT-2005 en el informe de resultados anexo	Ver Tabla 2 (NOM-052- SEMARNAT-2005)	Ver LDM en Tabla2 de la NOM-052-SEMARNAT-05 en el informe de resultados anexo

CONCLUSIONES PRELIMINARES

Los resultados de las pruebas para los BTC con bajas concentraciones de mucílago arrojaron resultados poco significativos ya que la resistencia a la compresión fue menor en algunos casos como las poblaciones del 1 %, 3 % y 4 % en estado seco. En estado húmedo todas las poblaciones dieron por debajo de la obtenida con la población control; sin embargo, en cuanto a la absorción, el resultado fue positivo ya que todas las poblaciones experimentales dieron por debajo de la obtenida con la población control.

Cuanto a la absorción, para los lotes fabricados con altas concentraciones de mucílago, 10 a 50 %, se denota un cambio significativo de la resistencia, que se incrementó de 27.33 % a 66.22 % en estado 0 y en estado húmedo de 44.82 % a 1119.24 %, disminuyendo el porcentaje de absorción de agua a 58.19 %.

Se puede concluir que, a partir del uso de mucílago con una concentración del 30 %, se obtienen mejoras importantes en la compresión simple, ya que todas las poblaciones estuvieron por debajo de la población control en la absorción de agua: dos poblaciones dieron menor absorción: la de 10 % con 5.83 % de reducción y 15 % con 4.10 % de reducción.

En cuanto al uso de triturado de llanta, a la compresión simple en estado húmedo de la población, se obtuvieron los mejores resultados: 15 % de incorporación con triturado de llanta ya que se incrementa su capacidad de carga en 14.97 %.

En el análisis de toxicidad resultó negativo para los BTC con triturado de llanta, habiéndose utilizado para este análisis 20 % de la población con mayor cantidad de triturado.

REFERENCIAS

- CONAVI. (2006). *Necesidad de Vivienda 2006 - 2012*. MÉXICO: CONAVI.
- CONAVI. (2006). Necesidad de vivienda 2006 - 2012. En CONAVI, Necesidad de vivienda 2006 - 2012 (pág. 223). México: CONAVI.
- CONAVI. (2001). *Rezagó habitacional*. México: SEDESOL.
- Conde, M. (22 de Enero de 2007). *Ambiente Plastico. com*. Recuperado el 13 de agosto de 2008, de http://www.ambienteplastico.com/suscriptores/article_698.php
- García, N. (Septiembre de 2003). *Entrepreneur en español. Com*. Recuperado el 17 de Agosto de 2008, de <http://www.entrepreneurespanol.com/pagina.hts?N=14010>
- INEGI. (2007). *Conteos 2005*. México: INEGI.
- INFONAVIT (2008), *INFONAVIT, Vivienda económica*. Recuperado el 2008, de http://www.infonavit.com.mx/infonavit_ampliado/oferentes/vivienda_economica/vivienda_economica.shtml
- Ramsey (1999), en Cuadernos Técnicos de la FAO. Producción industrial de productos no alimentarios. Recuperado el:29/08/2007 en: HYPERLINK <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/a0534s/a0534s01.pdf>
- Roux Gutiérrez, R. S. (1990). Utilización del Material Adobe para la Vivienda Popular en la Zona Conurbada de la Desembocadura del Río Pánuco. Universidad Autónoma de Tamaulipas, Tampico.