

FABRICACIÓN DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETOS CON MEZCLAS POLIMÉRICAS A BASE DE POLICLORURO DE VINILO (PVC) Y POLIESTIRENO (PS) RECICLADO

Casanova Lenin¹, Jiménez Maibeth¹, Zamora Víctor², Medina Jhonny³

¹Departamento de Ingeniería Petroquímica, Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada Bolivariana, Naguanagua, Venezuela.

²Departamento de Dibujo, Estudios Básicos, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.

³Laboratorio de Polímeros, Centro de Investigaciones Químicas, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.

lenincasanova@hotmail.com, jhonnymedina@yahoo.com

Resumen: Fabricar bloques huecos de concreto empleando mezclas poliméricas a base de policloruro de vinilo (PVC) y Poliestireno (PS) reciclado fue el objetivo principal de esta investigación. Para esto, se preparó una muestra de referencia utilizando 12% cemento, 60% arena lavada, 8% agua y 20% grava. En tanto, que las muestras analizadas fueron preparadas sustituyendo el 20% de la grava por 20% de una mezcla a base de PVC y PS en diversas proporciones de estos materiales. Se encontró que la mezcla adecuada para fabricar los bloques fue 70% PVC y 30% PS con la cual se obtuvieron las mejores características con respecto a la absorción de humedad (12,771 %), resistencia térmica y resistencia a la compresión (23,47 Kg/Cm²). Estos bloques presentaron características del tipo liviano que se ajustan a las normas de calidad vigentes en el país. Con este procedimiento se reducen los costos de fabricación en un 13,79%.

Palabras clave: bloques huecos de concretos, residuos plásticos, mezcla polimérica.

MANUFACTURE OF CONCRETE HOLLOW BLOCKS WITH POLYMERIC MIXTURES BASED ON VINYL POLYCHLORIDE (PVC) AND RECYCLED POLYSTYRENE (PS)

Abstract: The use of recycled polystyrene (PS) and polystyrene (PS) based polymer blends was the main objective of this research. For this, a reference sample was prepared using 12% cement, 60% washed sand, 8% water and 20% gravel. Meanwhile, the analyzed samples were prepared by replacing 20% of the gravel with 20% of a mixture based on PVC and PS in various proportions of these materials. It was found that the mixture suitable to manufacture the blocks was 70% PVC and 30% PS, with which the best characteristics were obtained with respect to moisture absorption (12.771%), thermal resistance and compressive strength (23.47 kg / M²). These blocks presented characteristics of the light type that conform to the quality standards in force in the country. This procedure reduces manufacturing costs by 13.79%.

Keywords: concrete building blocks, plastic waste, polymer blend.

INTRODUCCIÓN

La industria de los materiales plásticos ha experimentado un importante crecimiento durante las últimas décadas; el significativo aumento en la producción de plásticos y generación de residuos ha efectuado un similar incremento de los residuos. La reutilización y el reciclado cada vez desempeñan un papel importante en una sociedad preocupada por el ambiente. (Gámez *et al*, 2011; López *et al*, 2002).

Por su parte, los altos costos de los materiales de construcción han generado la búsqueda de alternativas viables que garanticen la calidad, resistencia y durabilidad de los elementos constructivos a fabricar. Cabe destacar que uno de estos materiales los constituye el bloque de concreto cuyo valor monetario ha aumentado. Este hecho se debe entre otras cosas al aumento del precio del cemento, arena y otros agregados utilizados para garantizar un producto óptimo con las características requeridas para sus diferentes usos.

En cuanto a los métodos tradicionales de construcción, los bloques de concreto se producen prácticamente en todo el mundo debido a su alta calidad y a la demanda de materiales económicos de construcción. Una amplia variedad de materias primas pueden utilizarse para producir unidades de concreto, en diferentes tamaños y formas. Las principales materias primas usadas para producir bloques de concreto son el cemento, la arena y diversos agregados (Gámez *et al*, 2011).

La escasez de materia prima y los costos de fabricación han impulsado el desarrollo de tecnologías alternativas para la fabricación de materiales de construcción. En Venezuela existen iniciativas por parte de algunas

instituciones como es el caso del Centro de Apoyo a la Inventiva Tecnológica del estado Mérida, donde el tecnólogo Alonso Méndez ha diseñado y construido una máquina extrusora, capaz de procesar y reciclar desechos sólidos inorgánicos, para el área de la construcción. La extrusora produce la materia prima para la fabricación de bloques livianos y de alta resistencia, muy apropiados para edificar viviendas y caminerías en espacios urbanos. (Alonzo, 2012).

Por lo anteriormente señalado, se hace imperioso contribuir con el desarrollo de prácticas de aprovechamiento de los residuos plásticos, y en general de todos los recursos que hoy en día se considera basura. El 80% de lo que contiene una bolsa de basura es aprovechable, se debe incentivar e impulsar en los diferentes niveles, la industria de reciclaje y reutilización del plástico en el país. Es de resaltar, que el plástico reciclado, puede ser usado como materia prima para la fabricación de objetos, tales como: materiales para la industria textil, de construcción, entre otros. (Armando, 2008).

La situación en Venezuela no es muy distinta a la realidad mundial (Ramos, 2012), la generación de residuos y desechos sólidos es un proceso que no se detiene y se incrementa día a día, debido al derroche de bienes y servicios al que nos tiene acostumbrado el sistema global (Téllez, 2012). Esta realidad ocasiona graves problemas ambientales, dado que el manejo inadecuado de estos materiales representa un foco permanente de contaminación que degrada constantemente al ambiente, y afecta la calidad de vida y salud de la población. (Kucharz, 2012).

En virtud de lo anterior, y en correspondencia a las áreas de interés del Laboratorio de Polímeros y Derivados

Petroquímicos del Centro de Investigaciones Químicas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, relacionadas con el desarrollo de alternativas tecnológicas para el aprovechamiento o reutilización de desechos y residuos plásticos, se planteó como objetivo fundamental de esta investigación fabricar bloques huecos de concreto empleando mezclas poliméricas a base de policloruro de vinilo (PVC) y poliestireno (PS) reciclado.

METODOLOGÍA

La elaboración de las muestras de referencias se realizó utilizando la siguiente proporción de materiales: 12% cemento, 60% arena lavada, 8% agua y 20% grava. En tanto, que las muestras analizadas fueron preparadas sustituyendo el 20% de la grava por 20% de mezcla polimérica a base de policloruro de vinilo y poliestireno en diversas proporciones de estos materiales.

Los residuos de policloruro de vinilo utilizados fueron donados por la empresa estatal PETROCASA y para los de poliestireno fueron recolectados envases para almacenar comida, desechados por lo diferentes locales existentes en la facultad de ingeniería de la universidad de Carabobo.

Para analizar el efecto de sustituir la grava por la mezcla polimérica se prepararon probetas cubicas con las siguientes dimensiones de 50x50x50mm. Establecida la proporción adecuada para la mezcla polimérica se fabricaron los bloques huecos de concreto con las dimensiones establecida por la norma venezolana COVENIN42-82 para bloques 15: 40x20x15 (Ministerio de Fomento, 1982).

Los parámetros analizados a las probetas preparadas y a los bloques fabricados

fueron: ensayos de resistencia térmica, compresión y absorción de humedad. Estas características se determinaron utilizando los procedimientos experimentales establecidos en la norma venezolana COVENIN42-82 (Ministerio de Fomento, 1982). La prueba de resistencia a la compresión Materiales y Ensayos de la Universidad de Carabobo con una maquina: Forney Model F-25EX-F-TPILOT, Serial 10095, Año 2010, Capacidad 250000 Voltaje 115V. Todos los ensayos se realizaron por triplicado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1, se muestra las diferentes probetas preparadas para el análisis de las mezclas poliméricas propuestas. Estas se prepararon mezclando mecánicamente los materiales en seco hasta obtener una mezcla homogénea. Luego se le agregó agua hasta obtener la consistencia adecuada. Cabe señalar que la cantidad de agua, depende del grado de humedad de la arena lavada utilizada.



Figura 1. Probetas preparadas para el análisis de las mezclas poliméricas propuestas

Durante la preparación de las probetas se observó que la incorporación de poliestireno presentó baja afinidad para adherirse a la mezcla, por lo que, se tuvo que hacer un mezclado mecánico de mayor duración para que se homogeneizara. En el caso del

policloruro de vinilo, su incorporación presentó menos resistencia. Además, se pudo notar que en las mezclas, en donde las proporciones de poliestireno eran mayor presentaron un aspecto más poroso con relación al policloruro de vinilo. Por otro lado, la adherencia entre la mezcla de concreto y el plástico no ocurrió en su totalidad, ya que las propiedades del plástico impidieron que se generara una adherencia total, sin embargo se adaptaba a la forma del molde y una vez desmoldada pudo fraguar y endurecer sin despegarse de la mezcla.

En la tabla 1, se presenta el peso de las probetas preparadas, luego de haber culminado el tiempo de secado y curado correspondiente. En ella se observa que la probeta preparada con la mezcla tradicional es la que presenta el mayor peso, esto era de esperarse tomando en cuenta la densidad del PVC y PS. Además, se observa que a medida aumenta el contenido de PS en la mezcla, disminuye el peso de la probeta. Todo esto, por lo descrito anteriormente, relacionado a la densidad de los plásticos utilizados.

Tabla 1. Masa de las probetas preparadas

Mezcla Tradicional	Contenidos porcentuales de materiales, %						Masa, g
	Cemento	Arena	agua	Grava	PVC	PS	
	12,00	60,00	8,00	20,00	0,00	0,00	202,82
M01: PVC90/ PS10	12,00	60,00	8,00	0,00	18,00	2,00	184,81
M02: PVC80/ PS20	12,00	60,00	8,00	0,00	16,00	4,00	181,52
M03: PVC70/ PS30	12,00	60,00	8,00	0,00	14,00	6,00	179,36
M04: PVC60/ PS40	12,00	60,00	8,00	0,00	12,00	8,00	177,02
M05: PVC50/ PS50	12,00	60,00	8,00	0,00	10,00	10,00	172,64
M06: PVC40/ PS60	12,00	60,00	8,00	0,00	8,00	12,00	171,01
M07: PVC30/ PS70	12,00	60,00	8,00	0,00	6,00	14,00	158,03
M08: PVC20/ PS80	12,00	60,00	8,00	0,00	4,00	16,00	144,20
M09: PVC10/ PS90	12,00	60,00	8,00	0,00	2,00	18,00	142,88

Las características físicas y mecánicas de las probetas preparadas, se realizó mediante diferentes ensayos del laboratorio, tales como: Absorción, Resistencia Térmica y Resistencia a la Compresión.

En la tabla 2 se muestra las características de las probetas preparadas. En cuanto, a los resultados del ensayo de absorción se aprecia que las probetas elaboradas con la mezcla tradicional cumplen con el porcentaje mínimo de absorción para ser catalogados, según la Norma COVENIN 42-82, como pesados, en cambio las muestras que contienen agregado plástico contienen en promedio un porcentaje para ser considerados como livianos (Luna *et al*, 2011).

Ahora bien, se observó además que el promedio de absorción varía en forma ascendente según es mayor la proporción de policloruro de vinilo (PVC) en el porcentaje del agregado. Esto puede deberse a que el volumen que ocupa el poliestireno es mucho mayor que el de PVC, al haber menos cantidad de poliestireno el concreto ocupa parte de ese espacio y presenta mayor absorción.

Cabe destacar, que los polímeros utilizados son no hidrocópicos, es decir no absorben humedad. Sin embargo, son hidrofílicos y pueden establecer puentes de hidrogeno, es decir químicamente hablando puede haber cierta interacción entre el agua y el plástico (Billmeyer, 1975), pero sin que esto signifique

que lo absorba, en cambio el concreto si estructura porosa ayuda a que se quede absorbe mayor cantidad de agua ya que su atrapada en la misma.

Tabla 2. Características físicas y mecánicas de las probetas preparadas

Mezcla	Absorción, %	Resistencia a la Compresión, Kg/cm ²
Tradicional	15,153	28,53
M01: PVC90/ PS10	13,061	25,60
M02: PVC80/ PS20	12,954	24,33
M03: PVC70/ PS30	12,771	23,47
M04: PVC60/ PS40	12,704	21,33
M05: PVC50/ PS50	12,406	19,93
M06: PVC40/ PS60	11,865	16,93
M07: PVC30/ PS70	11,811	15,47
M08: PVC20/ PS80	11,561	14,27
M09: PVC10/ PS90	11,274	13,13

En relación, a los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia térmica se observó que la probeta de la mezcla tradicional estuvo intacta después de la exposición al fuego, esto obedece a que el concreto no es combustible y puede resistir altas temperaturas.

Sin embargo, se observó que las probetas con un contenido de 90% y 80% de poliestireno en el agregado fueron las que sufrieron más daño, puesto que la temperatura del fuego (1000°C) era mucho mayor que la temperatura de fusión y autoignición del poliestireno (260°C) y como consecuencia quedaron agujeros en forma de círculos (como un panal de abejas) que hizo que colapsara y se desplomaran las probetas.

En el caso de las probetas que contenían 70% 60% y 50% de poliestireno tuvieron un comportamiento regular ya que se mostraron ciertas fisuras pero no llegaron a desplomarse las probetas; en los casos de 40%, 30%, 20% y 10% de poliestireno en el agregado fueron los resultados más satisfactorios debido a que contenían mayor cantidad de policloruro de vinilo y como éste

tiene mayor resistencia a la llama, su temperatura de autoignición es a partir de los 450°C, se observó que las llamas al tocarlo no lo hacían encender inmediatamente, se tornaba un color rojizo fuerte pero no llegaba a desaparecer como el poliestireno y la estructura de la probeta permaneció intacta salvo por la coloración negra propio de los gases de combustión.

Ahora bien, los resultados de la prueba de resistencia a la compresión, se observó que la resistencia varía en orden descendente a medida que la mezcla contenía mayor cantidad de poliestireno. Al comparar esta variación con las probetas de bloques tradicionales, los que mostraron mejores resultados fueron las probetas de proporciones de PVC-PS 90/10, 80/20 y 70/30.

Las probetas que contenían mayor proporción de poliestireno (PS) se desboronaban fácilmente posiblemente por la poca adherencia a la mezcla y poca compactación a la misma, recordemos que el poliestireno contiene en su interior un 5% de aire que seguramente se comprime al momento de aplicársele compresión y alno

resistir el plástico cede contribuyendo al colapso de la estructura.

En la tabla 3 se muestra un resumen de los resultados obtenidos de en los ensayos realizados a las probetas. En ella, se observa el comportamiento de las

proporciones de la mezcla tradicional y con agregado plástico al ser sometidas a las pruebas de absorción de humedad, resistencia al fuego y a la compresión. Cabe destacar que se describe de manera cualitativa, pero en base a los parámetros mínimos establecidos en la COVENIN 42-82.

Tabla 3. Comparación referencial entre las Características físicas y mecánicas de las probetas preparadas

Mezcla	Humedad	Resistencia al fuego	Resistencia a la Compresión
Tradicional	Bueno	Bueno	Bueno
M01: PVC90/ PS10	Bueno	Bueno	Bueno
M02: PVC80/ PS20	Bueno	Bueno	Bueno
M03: PVC70/ PS30	Bueno	Bueno	Bueno
M04: PVC60/ PS40	Bueno	Regular	Regular
M05: PVC50/ PS50	Bueno	Regular	Regular
M06: PVC40/ PS60	Bueno	Regular	Malo
M07: PVC30/ PS70	Bueno	Malo	Malo
M08: PVC20/ PS80	Bueno	Malo	Malo
M09: PVC10/ PS90	Bueno	Malo	Malo

El comportamiento de las probetas en la prueba de absorción de humedad al compararlas con la probeta tradicional y a lo establecido en la norma COVENIN 42-82 arrojaron buenos resultados ya que todas cumplen con el porcentaje mínimo de absorción para ser considerados bloques livianos; en lo que respecta a la prueba de resistencia al fuego se observó que las probetas con mayor contenido de PVC (90%,80% y 70%) tienen mayor fortaleza por las propiedades que añade este compuesto a la mezcla, luego se percibe una tendencia decreciente hasta llegar a resultados regulares y malos para este ensayo.

El ensayo de resistencia a la compresión en este trabajo de investigación fue determinante para seleccionar la mejor relación de mezcla polimérica para la fabricación de bloques de concreto puesto que representa la solidez de la estructura; el resultado indica que las probetas con mayor

contenido de PVC tienen mayor resistencia al ser sometidos a compresión (90%,80% y 70%), sin embargo a la hora de seleccionar la mezcla ideal se toma en consideración los beneficios del poliestireno en cuanto al peso y recubrimiento que puede brindar.

En este sentido se estableció que la relación de la mezcla polimérica ideal a base de policloruro de vinilo/poliestireno PVC/PS reciclado es aquella que contiene 70%PVC y 30% PS.

Tabla 4. Características físicas y mecánicas de los bloques huecos preparados

Mezcla	Masa, g	Humedad, %	Resistencia a la Compresión, Kg/cm ²
Tradicional	11,223	15,19	20,88
M03: PVC70/ PS30	8,866	12,55	19,78

En la tabla 4, se presenta los resultados obtenidos en cuanto al peso de los bloques elaborados, al comparar el tradicional con el propuesto se evidencia que hubo una disminución de 2,36 kg por bloque, lo que representa un beneficio en el momento de su transporte y manipulación. Esto obedece a que el agregado plástico tiene una menor densidad que la grava, lo que la hace ser más liviana.

En cuanto a los beneficios, se tiene que en el ámbito social se destaca que con la implementación de esta alternativa de elaboración de bloques para la construcción de vivienda la sociedad cambiaría su percepción de lo que antes veía como basura porque se le va a dar un valor agregado a los plásticos, para satisfacer a una necesidad social como lo es la vivienda (David, 2012).

Desde el punto de vista tecnológico, es un impacto positivo al poner la ciencia y tecnología a manos del hombre para solucionar los problemas de la sociedad, en este caso desarrollar nuevos materiales de construcción más económicos, de fabricación simple, con maquinarias y herramientas de bajo costo, mano de obra intensiva, escaso uso de capital, fácil difusión y simple aprendizaje para su fabricación y aplicación.

En lo ambiental, la incorporación de los plásticos PVC Y PS en la fabricación de elementos modulares para la construcción representa un aporte ecológico (Porreo *et al*, 2012), porque reduciría parte de los plásticos que se van directamente a los rellenos sanitarios, ríos, y principales vías de la ciudad. Esto representaría un ahorro para el estado venezolano, debido a que disminuiría el volumen de los plásticos, lo que disminuye al mismo tiempo los efectos de toxicidad por los gases en su combustión que se generan

cuando se queman o en su degradación natural.

Así mismo se minimizarían y algunas enfermedades respiratorias como bronquitis y neumonitis debidas a la inhalación de gases, humos, vapores y sustancias químicas emanadas de los plásticos; también se reducirían los gastos de las instituciones del estado y la sociedad en medicamentos para tratar dichas enfermedades.

CONCLUSIONES

La mezcla preparada con 70% PVC y 30% PS presentó las mejores características con respecto a la absorción (12,771 %), resistencia térmica y resistencia a la compresión (23,47 Kg/Cm²). en tanto que, los bloques fabricados presentaron características que se ajustan a las normas de calidad vigentes en el país. Por lo cual, pueden ser clasificado como del tipo liviano. El procedimiento planteado generó una reducción de los costos de fabricación del 13,79%, además que, presenta numerables beneficios ecológicos, debido a que se aprovecha un material residual para fabricar otro de gran utilidad en la actualidad.

AGRADECIMIENTOS

Al FONACIT por el financiamiento recibido a través del proyecto N° 2011001269, el cual permitió sufragar parte de los costos involucrados para la realización de este trabajo y al personal docente y técnico que labora en el Laboratorio de Polímeros y Derivados Petroquímicos del Centro de Investigaciones Químicas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo por su apoyo en el desarrollo de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alonzo, M. (2012). Proyecto científico de materiales para fabricar bloques y tejas. Agencia venezolana Nacional. Revista en Línea. Consultado el 18 octubre del 2014 en: <http://www.avn.info.ve/contenido/proyecto-cient%C3%ADfico-m%C3%A9rida-propone-nuevos-materiales-para-fabricar-bloques-y-tejas>

Armando, M. (2008). Residuos Plásticos y Ambiente. Senderos x Venezuela. Revista en Línea. Consultado el 27 agosto del 2014 en: <http://senderosporvenezuela.com.ve/?p=813>.

Billmeyer, F. (1975). Ciencia de los Polímeros. (2ª.Ed.). España: Reverte.

Ministerio de Fomento. (1982) "Norma Venezolana COVENIN 42-82. Bloques huecos de concreto". Publicación de Fondonorma. Caracas – Venezuela.

David, J. (2012). La vivienda en América Latina y el Caribe. Blog en Línea. Consultado el 21 septiembre del 2014 en: <http://latinamerica hoy.es/2012/09/14/vivienda-america-latina/>

Gámez, D; Flores, J y Rada, J. (2011). "Elaboración y uso de bloques de hormigón y bloques de arcilla en mampostería". Trabajo de grado para optar al título de ingeniero civil. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador.

Kucharz, T. (2012). Guía de conocimiento sobre medio ambiente. Glocalhoy, 6(1). Consultado el 18 septiembre del 2014 en: http://www.glocal.info/iepala/glocal/fichas/ficha.php?entidad=Textos&id=1547&opcion=documento#ficha_glocal

López, J. Balart, R; Sánchez, L y Nadal, A. (2002). Estudio del comportamiento de los

materiales termoplásticos reciclados en moldeo por inyección. Virtualpro; Procesos industriales. Revista en línea, Consultado el 28 de septiembre del 2014 en: <http://www.revistavirtualpro.com/biblioteca/estudio-del-comportamiento-de-los-materiales-termoplasticos-reciclados-en-moldeo-por-inyeccion>.

Luna, Y. y Pineda, R. (2011). "Estudio de la factibilidad técnica del diseño de bloques de concreto sustituyendo el agregado fino por aliven". Trabajo de grado para optar al título de ingeniero civil. Universidad Nueva Esparta, Venezuela.

Porreo, J; Ramos, C; Grases, J y Velazco, G (2012). Manual del concreto estructural. (4ª.Ed.). Caracas: Venezuela.

Ramos, C. (2012). La Situación de la Vivienda en Venezuela. Artículos. Revista en línea, 1.2. Consultado el 25 de septiembre de 2014 en: <http://carlosramosrivas.com/2012/03/19/la-situacion-de-la-vivienda-en-venezuela/>

Téllez, A. (2012). "La complejidad de la problemática ambiental de los residuos plásticos: una aproximación al análisis narrativo de política pública en Bogotá" Trabajo de grado para optar al título de: Magister en Medio Ambiente y Desarrollo. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Económicas. Colombia.

Fecha de recepción: 11 de agosto de 2016

Fecha de aceptación: 17 de mayo de 2017