

Elaboración artesanal de tabiques de tepezil con agregado de polipropileno reciclado, una respuesta socioambiental

J. M. Luna Mendoz¹, L. R. Morales-Juárez², O. Vázquez Cuchillo², M. A. Meráz Melo², E. González Flores²

¹Tecnológico Nacional de México, Campus Instituto Tecnológico de Tlaxiaco, Blvd Tecnológico Km 2.5, Llano Yosove, C.P. 69800, Oaxaca, México

²Tecnológico Nacional de México, Campus Instituto Tecnológico de Puebla, Av. Tecnológico #420, Colonia Maravillas, C.P. 72220, Puebla, México
ricardo.morales@puebla.tecnm.mx

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Según INEGI, México presenta para 2020 un déficit de 8.5 millones de viviendas sin financiamiento, en las comunidades rurales en desarrollo se agudiza el problema ya que demandan infraestructura y vivienda y generan problemas ambientales, tales como el manejo de residuos; El Municipio de Tlaxiaco-Oaxaca, reporta una generación diaria de 14 toneladas de residuos urbanos con un 10% de plásticos.

Tlaxiaco atiende algunos sistemas constructivos con tabique macizo artesanal empleando tepezil, se propone elaborar tabique reutilizando polipropileno en forma de micropartículas y copos graduados, el tabique ligero cemento portland-tepezil-micropartículas de polipropileno, consideró sustituir hasta un 20% el agregado ligero con las micropartículas (0.04 a 0.001 mm).

Los resultados indican que mejora la mezcla, aumenta la cohesión del cemento portland y los agregados, y se cumple con la resistencia mecánica solicitada por la norma NMX-C-441-ONNCCE, mostrándose como una alternativa constructiva técnica y económicamente viable para muros no estructurales de soporte parcial.

Palabras clave: Tabiques, residuos, polipropileno, rural.

Abstract

According to INEGI, Mexico has a deficit of 8.5 million unfunded homes by 2020, in developing rural communities the problem is exacerbated as they demand infrastructure and housing and generate environmental problems, such as waste management; The Municipality of Tlaxiaco-Oaxaca, reports a daily generation of 14 tons of urban waste with 10% plastics.

Tlaxiaco attends some construction systems with artisanal mass septum using tepezil, it is proposed to make partitions reusing polypropylene in the form of microparticles and graduated flakes, the light partition portland-tepezil-microparticles of polypropylene, considered replacing up to 20% the light aggregate with the microparticles (0.04 to 0.001 mm).

The results indicate that it improves the mixture, increases the cohesion of portland cement and aggregates, and meets the mechanical resistance requested by the NMX-C-441-ONNCCE standard, showing itself as a technically and economically viable constructive alternative for non-structural walls of partial support.

Key words: Partitions, waste, polypropylene, rural.

Introducción

Un reto significativo que debe atender el sector de la vivienda en México es la población no afiliada a ninguna institución de financiamiento a la vivienda, que en el año 2020 tuvo una demanda de 8.5 millones de viviendas [1].

El PP (Polipropileno) isotáctico como materia prima, se encuentra comúnmente en tapa roscas, envases y juguetes, el reciclado de estas piezas desechadas al medio ambiente en ríos o terrenos permite reducir parte de la contaminación en el país; según la revista Ambiente Plástico, Indelpro es el único productor de resinas de PP con una capacidad de 590 mil toneladas anuales en México [2]. El principal desafío es detener y revertir la pérdida de capital natural y la contaminación del agua, el aire y el suelo, al reutilizar los materiales plásticos se fomenta la revalorización y el aprovechamiento de los residuos, teniendo como línea de acción el reciclado de los residuos sólidos inorgánicos.

En México los residuos sólidos susceptibles de aprovechamiento, según el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos publicado en mayo de 2020 [3], por parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, se calculan en 31,797.10 ton/día, esto representa una cobertura del 83.87%, de esta cantidad el 7.66% corresponde al plástico rígido y de película, que es donde entra el material de estudio conocido como polipropileno (PP), lo cual nos da la cantidad aproximada aprovechable a nivel nacional de 2,435.65 ton/día.

En Oaxaca y concretamente en la ciudad de Tlaxiaco, se reporta en su plan de desarrollo municipal 2019-2021, la recolección de 14 toneladas diarias de residuos sólidos urbanos [4], de los cuales aproximadamente el 10% son plásticos, entre los que se encuentra en su mayoría el polietileno tereftalato (PET), polipropileno (PP), polietileno de alta y baja densidad (PEAD) y el PVC.

El principal reto, consiste en innovar los materiales constructivos existentes, proponiendo alternativas de construcción que permitan disminuir el creciente impacto ambiental y a la vez que satisfagan las necesidades de habitabilidad de la población, permitiendo que las personas que no cuentan con una vivienda digna, tengan acceso a una con materiales seguros y económicos que permitan contribuir ecológicamente en su entorno, buscando el reciclaje de materiales.

Objetivo

Elaborar tabiques de cemento-tepezil-polipropileno no estructural, utilizando micropartículas y copos graduados de polipropileno reciclado obtenidas por trituración y empleadas como sustituto parcial del agregado de tepezil.

Metodología

Obtención de Materia Prima

La materia prima de PP (Polipropileno) isotáctico se obtuvo de tapa roscas, envases y juguetes desechadas al medio ambiente Figura 1, se separa, se limpia y se procede a su trituración en un molino eléctrico especial para plástico polímero, Figura 2, y Figura 3, la trituración de 10 litros de material dura aproximadamente 2 horas, y se tamiza Figura 4.



Figura 1 Material PP en tapas, envases y botellas.



Figura 2 Molino eléctrico para trituración de PP.

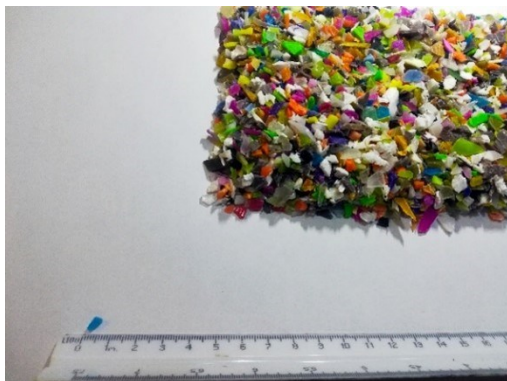


Figura 3 Material PP reciclado triturado.



Figura 4 Material PP reciclado triturado tamizado.

Diseño de mezclas

Se caracteriza el polipropileno y el tepezil con base en (granulometría, peso unitario en estado seco suelto, peso específico del cemento y su relación con el agua).

Se diseña el proporcionamiento de la mezcla para el tabique con polipropileno (PP) en un tamaño de micropartículas tamizado (de 0.04 a 0.001 mm), además de los copos de PP de 5 mm a 8 mm, para economizar la mezcla en sustitución parcial del tepezil.

Cada tabique lleva 6 botellas de 600 ml de PP, 6 botellas trituradas son un litro de material molido, el peso de 1 litro es de 410 gramos, las dimensiones del tabique se consideraron de 8x13x26 cms= 0.002704 m³

Para la elaboración de mezclas se emplea parcialmente lo establecido en el método ACI 211[5] de volúmenes absolutos quedando especificados bajo lo siguiente: Peso específico del cemento portland (3); Relación agua cemento (1.0); Tamaño máximo de agregado (12.5 mm); Peso específico de tepezil (0.99); Peso volumétrico tepezil (990); Peso específico polipropileno (0.9); Resistencia del tabique (30 kg/cm²); Revenimiento (4cm).

La adecuación del método ACI 211 [5], consistió en incluir en la mezcla como parte de los agregados áridos al PP, para esto se consideró el siguiente análisis como base para diseñar la proporción

A=Componentes físicos del concreto

X1: relación agua-cemento

X2:el tamaño del agregado plástico PP molido en sustitución parcial del agregado de tepezil o también llamado tepojal.

X3:el tiempo de fraguado

B=Resistencia a la compresión del concreto

Definiendo que la causa de la variación de la resistencia queda definida por la relación agua-cemento, el tiempo de fraguado y la cantidad de sustitución de partículas como material árido.

Para corroborar la hipótesis se realizaron pruebas con dos diferentes proporciones de agregados sustitutos (PP) al 20% y 25%; porcentajes manejados considerando antecedentes de trabajos que mencionan sustituciones de los agregados de hasta un 20% por materiales como el polietilentereftalato (PET) con buenos resultados [6], [7]. Para cada proporción se realizaron tres ensayos y se determinaron sus características (Tabla 1) de acuerdo con los procedimientos establecidos en las normas y como testigo se realizó un ensayo en muestras sin PP

Tabla 1. Pruebas realizadas a los tabiques elaborados con mezcla cemento-tepezil-polipropileno.

Tipo de Pieza	Pruebas
Tabique de Cemento-Tepezil-Polipropileno a un 20% del total del agregado	<ul style="list-style-type: none"> Resistencia a la compresión simple, promedio de 3 piezas individuales, kg/cm², (NMX-C-036) Absorción a 24 h, (%) (NMX-C-037) Absorción máxima inicial, (NMX-C-037) Resistencia a compresión a 28 días, kg/cm²
Tabique de Cemento-Tepezil-Polipropileno a un 25% del total del agregado	<ul style="list-style-type: none"> Resistencia a la compresión simple, promedio de 3 piezas individuales, kg/cm², (NMX-C-036) Absorción a 24 h, (%) (NMX-C-037) Absorción máxima inicial, (NMX-C-037) Resistencia a compresión a 28 días, kg/cm²

La proporción propuesta cemento-polipropileno-tepezil-agua para elaborar las muestras y aplicar las pruebas en el caso del 20% y el 25% se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Proporciones de materiales para la mezcla cemento-polipropileno-tepezil-agua (20% y 25%).

cemento	polipropileno	tepezil	agua
Para una sustitución del 20%:			
300 gr	417gr	1667 gr	150 ml
Para una sustitución del 25%:			
300 gr	521 gr	1563 gr	150 ml

Elaboración de Tabiques

La elaboración del tabique de polipropileno reciclado se realiza de forma artesanal o con una tabiquera eléctrica, donde el material se carga en una tolva con rejilla como se muestra en la Figura 5, se gradúan los tamaños y se mezclan los materiales, este pasa a los moldes, se vibra por un lapso de tiempo de 30 a 40 segundos, y se retiran los tabiques de los moldes con un mecanismo automático, ver Figura 6, posteriormente se colocan en tarimas de madera para su ventilación, el secado de los tabiques se realiza al sol, cuidando no colocar más de 6 tabiques apilados, después de 24 horas se retiran de las tarimas de madera y se colocan en apilados en patio por 7 días.



Figura 5 Tolva de suministro de 1m³ de capacidad.



Figura 6 Tabiquera eléctrica, potencia 1 HP.

Pruebas Físicas

Pasado ya el tiempo de la elaboración de los tabiques se procede a determinar sus propiedades físicas y mecánicas como lo establecen las normas NMX-C-441-ONNCCE-2013-Mampostería-bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso no estructural [8], con base a esta, se busca

obtener, un tabique artesanal macizo con una resistencia media de diseño a la compresión de 30 Kg/cm² y una resistencia mínima individual de 25 Kg/cm².

Dimensiones de los tabiques:

Se determinan las dimensiones (largo, ancho y alto) de los tabiques elaborados después de su tiempo de secado Figura 7.

Figura 7 Tabique de cemento-polipropileno-tepezil determinación de medidas y dimensiones.

Alto	Ancho	Largo
		
8 cm	13 cm	26 cm
Área de la cara ancho x largo= 312 cm ²		

Cabeceo de testigos y prueba de resistencia a la compresión.

Se seleccionan tres especímenes y se procede al cabeceo para el ensayo de resistencia a la compresión, según la norma NMX-C-036-ONNCCE-2013 [9], colocando una pasta (espesor de 5mm) de cemento-yeso proporción 2:1.

La prueba a la compresión se realiza con una prensa con capacidad de 120 T, se hicieron 2 ensayos con tres especímenes cada uno ver Figuras 8a y 8b.



a)



b)

Figura 8 a) Ensayo de resistencia a la compresión (ancho), b) resistencia a la compresión (alto).

Prueba de absorción (total y máxima).

La prueba de absorción se realizó con base a la norma NMX-C-037-ONNCCE-2013 [10], para absorción total, se secan las muestras en un horno hasta que la diferencia de masas entre las piezas no sea mayor al 0.2%, el peso debe mantenerse constante.

Se pesaron cada uno de los especímenes (en total 3) con un peso promedio de 2.40 Kg, y dimensiones de 8x13x26 cm, después se sumerge totalmente en agua por 24 horas, se sacan, se elimina la humedad superficial con un paño o papel absorbente y se pesaron nuevamente.

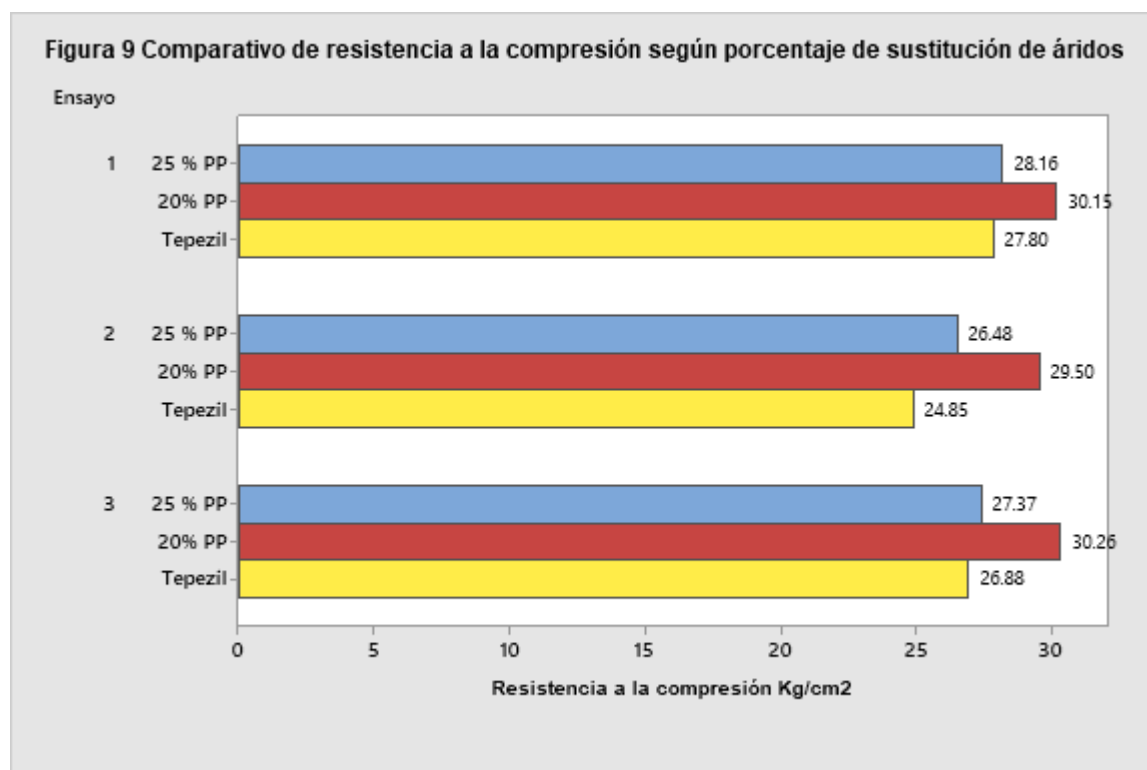
La absorción máxima inicial es la cantidad de agua que absorbe un espécimen por una de sus caras bajo unas condiciones determinadas por un lapso de 10 minutos de inmersión en agua potable, la cara se sumerge un espesor de 5 mm, se retira la pieza y con un paño se retira el exceso de humedad, y se pesa la pieza.

Resultados

El resumen de las pruebas de mayor representatividad para la evaluación de las posibilidades del empleo de los tabiques elaborados se presenta en la Tabla 3, donde se indican los promedios de las muestras analizadas, así mismo los niveles de resistencia a la compresión para las muestras individuales con 20%, 25% y testigos de tepezil sin sustitución con PP, se muestran en la Figura 9.

Tabla 3 Resultados de pruebas de compresión y adsorción de tabique de cemento-tepezil-polipropileno con sustitución del 20 y 25%.

Concepto	Tipo de Pieza	
	Tabique de Cemento-Tepezil-Polipropileno a un 20% del total del agregado	Tabique de Cemento-Tepezil-Polipropileno a un 25% del total del agregado
Resistencia a la compresión simple, promedio de 3 piezas individuales, kg/cm ² , (NMX-C-036)	29.97	27.33
Ensayo a absorción a 24 h, (%) (NMX-C-037)	15%	14%
Ensayo a absorción máxima inicial, (NMX-C-037)	4.7	5.0
Resistencia a compresión de Mortero a 28 días, kg/cm ²	253	253



Ventajas.

La fabricación artesanal de tabiques de tepezil con el empleo de PP como parte de los agregados áridos, además de cumplir con el principal parámetro de calidad como es la resistencia y las demás características establecidas por la norma, ofrece como ventajas la fabricación a costos menores que el tabique tradicional, buena aceptación por los usuarios principalmente por el sector social de economías más comprometidas, lo que posibilitaría a abatir el rezago de vivienda, otra ventaja es la disminución de los impactos al ambiente, al evitar la disposición de una parte del PP en rellenos sanitarios o en terrenos no aptos, de la misma forma se disminuiría la extracción de tepezil disminuyendo la cantidad global de recursos naturales explotados y sus impactos asociados, de igual forma se tiene un ahorro en el consumo de agua por la menor demanda del producto.

Trabajo a futuro

La viabilidad técnica del empleo del polipropileno como sustituto del agregado de tepezil se presenta en este trabajo; es necesario darle continuidad al proyecto para para mejorar el diseño del molino, optimizar y estandarizar su producción y posibilitar el uso de esta tecnología a la comunidad de Tlaxiaco y otras en condiciones similares, logrando con esto atender las problemáticas planteadas.

Conclusiones

Los resultados presentados muestran que los tabiques cemento-tepezil-polipropileno cubren las características de resistencia a la compresión y de adsorción establecidos por la normatividad vigente para este tipo de elementos constructivos, por lo que se puede aseverar que los tabiques elaborados pueden cumplir una función de carga no estructural, para uso en interior divisorio, o también llamado muro membrana, con una resistencia a la compresión mínima de 30 kg/cm² (3.0 MPa), además su viabilidad aumenta al presentar las siguientes propiedades:

- Resistente a la intemperie y humedad.
- Resistente a la compresión (valor promedio): 30 kg/cm²
- Menor uso del agua en su fabricación, hasta un 10% menos, por la baja absorción del agua en el polipropileno.
- Resistente al fuego en llama controlada de mechero a 200°C, no propaga la llama.
- Adherente a los morteros convencionales, cemento, de cal o yeso.

Referencias

- [1] Topelson Sara, Análisis del Estado Actual de la Vivienda en México, datos y retos, (EAVM) 2015, México, 2016.
- [2] El polipropileno de México, Expo plásticos 2020.Redacción AP, marzo 2020, <https://www.ambienteplastico.com/el-polipropileno-de-mexico/>
- [3] Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, Primera edición, mayo 2020.
- [4] Plan municipal de desarrollo, Tlaxiaco, Honorable Ayuntamiento de la heroica ciudad de Tlaxiaco, Oaxaca. Trienio 2019-2020.
- [5] ACI 211.1, Proporcionamiento de mezclas, concreto normal, pesado y masivo, Fondo editorial IM CYC, México, primera edición 1999.
- [6] Angumba Aguilar, P. J. (2016). Ladrillos elaborados con plástico reciclado (PET), para mampostería no portante.
- [7] Piñeros Moreno, M. E., & Herrera Muriel, R. D. D. J. (2018). Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (PET), aplicados en la construcción de vivienda.
- [8] NMX-C-441-ONNCCE-2013, Industria de la construcción-mampostería-bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso no estructural-especificaciones y métodos de ensayo. Biblioteca digital IMCYC, México, 2013.
- [9] NMX-C-036-ONNCCE-2013, Mampostería resistencia a compresión.
- [10] NMX-C-037-ONNCCE-2005 Industria de la Construcción y Edificación- bloques, tabiques o ladrillos y tabicones-Determinación de la absorción de agua y absorción inicial de agua.