**Resumen**

El impacto socioambiental que provoca la generación impulsiva de residuos orgánicos e inorgánicos sin destino adecuado es alarmante en la actualidad. Ante esta realidad, el uso de fibra de polietileno tereftalato (PET) incorporada, por tanto, representa el concreto una valiosa elección. Es una alternativa sostenible que incluye destino la gran cantidad de PET que se descarta en el medio ambiente y, además, la mejora de las propiedades de la matriz cemento de concreto convencional. El uso de fibras PET en la construcción propone ser una situación en la que todos ganan, el objetivo de este artículo de revisión fue realizar una investigación bibliográfica de artículos científicos en revistas locales, nacionales e internacionales, sobre la incorporación de Fibras PET en el concreto, donde se demuestra que es una alternativa sostenible como agregado dando beneficios en las diferentes propiedades del concreto.

**Palabras claves:** Concreto con Fibras PET, medio ambiente, reciclado, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión.

**Abstract**

The socio-environmental impact caused by the impulsive generation of organic and inorganic waste without a suitable destination is alarming today. Given this reality, the use of polyethylene terephthalate (PET) fiber incorporated in concrete, therefore, represents a valuable choice. It is a sustainable alternative that includes destination the large amount of PET that is discarded in the environment and, in addition, the improvement of the properties of the conventional concrete cement matrix. The use of PET fibers in construction proposes to be a win-win situation, the objective of this present review article was to carry out a bibliographic inquiry of scientific articles in local, national and international journals, on the incorporation of PET fibers in the concrete, where it is shown that it is a sustainable alternative as an aggregate giving benefits in the different properties of concrete.

**Keywords:** Concrete with PET Fibers, environment, recycled, compressive strength, flexural strength.

**Resumo**

O impacto socioambiental causado pela geração impulsiva de resíduos orgânicos e inorgânicos sem destinação adequada é alarmante hoje. Diante dessa realidade, o uso da fibra de tereftalato de polietileno (PET) incorporada, portanto, representa o concreto uma escolha valiosa. É uma alternativa sustentável que inclui a destinação da grande quantidade de PET descartada no meio ambiente e, além disso, a melhoria das propriedades da matriz de concreto convencional. O uso de fibras PET na construção se propõe a ser uma situação ganha-ganha, o objetivo deste artigo de revisão foi realizar uma investigação bibliográfica de artigos científicos em periódicos locais, nacionais e internacionais, sobre a incorporação de fibras PET no concreto. , onde se mostra que é uma alternativa sustentável como um agregado que traz benefícios nas diferentes propriedades do concreto.

**Palavras-chave:** Concreto com Fibras PET, meio ambiente, reciclado, resistência à compressão, resistência à flexão.

**Introducción**

El tereftalato de polietileno, politereftalato de etileno, polietilenotereftalato o polietileno tereftalato (PET) es una materia prima para producir botellas o envases plásticos de muy común en su uso, lo que después conduce a un gran problema de protección ambiental muy desafiante. (Rahmani, E., y otros, 2013)

Dado que los residuos plásticos tienen una baja biodegradabilidad y están presentes en grandes cantidades, la eliminación de residuos plásticos en un ambiente abierto se considera un gran problema. (Patil, P.S., Mali, J.R., Tapkire, G.V., & Kumavat, H.R, 2014).

Una gran cantidad de PET consumido se vuelve en desperdicio y necesita cantidades de áreas para su almacenamiento. varias toneladas de plástico no se pueden reciclar por completo. Con respecto a este tema, existe la posibilidad de reciclar residuos como el PET residual para producir concreto y evitar el contacto directo de los plásticos con el medio ambiente debido a una vida útil más larga del concreto. (Farhad Fallah , Hamed , Saman, & Iman , 2016)

El uso de diferentes fibras de refuerzo para mejorar la resistencia a la tracción y flexión y la ductilidad del concreto y los materiales a base de cemento es una práctica común en el ámbito de la construcción. Además de las fibras de acero, también se utilizan varios tipos de fibras poliméricas para reforzar el concreto, una solución al problema de la contaminación por plásticos consiste en reciclar elementos de PET como fibra para reforzar el concreto (Meza de Luna & Ahmed Shaikh , 2020).

En este contexto, el uso de residuos de PET post consumo, como sustituto de agregados minerales en el concreto, se muestra como una alternativa viable para darles un destino más noble, agregando valor y reduciendo los impactos ambientales para obtener concreto con propiedades optimizadas para una aplicación específica. (B. Yesilata, Y. Isıker, & P. Turgut, 2009)

Uno de los métodos de reciclaje es el uso de residuos plásticos triturados como agregado o especialmente cortado para hacer una fibra plástica, que se utilizará para la producción del concreto reciclado (Azad A. & Aso A., 2020). El éxito de este material como reciclado se debe a su excelente relación entre las propiedades mecánicas, térmicas y el costo de producción (MACDONALD, 2002) (ACHILIAS, 2008) (Lima Barreto, Nogueira da Costa, Cândido, & Cabral Correio, 2019)

Existe una gran conciencia sobre la necesidad de proporcionar un uso alternativo para los materiales reciclados, especialmente en el campo de la construcción. Esto dio lugar a la idea de hacer uso de uno de los plásticos de consumo más habituales, como el tereftalato de polietileno (PET), para producir concreto de fibra (FC) (S. Shahidan, y otros, 2018).

El concreto es fuerte en compresión, pero débil en tensión. Para eliminar este problema, la introducción de fibras fue traído como una alternativa al desarrollo del concreto con el fin de mejorar su resistencia a la tracción, así como mejorar su propiedad dúctil (T.Subramani & A. Fizoor Rahman , 2017).

Usar fibras de PET en concreto ayuda a mejorar su ductilidad, minimizando el agrietamiento debido a la contracción plástica, pero este método solo recicla una pequeña cantidad de residuos de PET (Quenta Flores, 2020), la adición de fibras de PET presentarán una resistencia mecánica a la compresión cercana a la de las fibras, y en relación al ensayo de resistencia a la tracción, todos los compuestos fibrosos muestran una mejora en el comportamiento post-fisuración. (Fonseca Rodrigues, Portela Ribeiro, & Neves Junior, 2017)

Cuando se usó dos formas de fibras de PET (circular y tiras); los resultados demostraron que estas fibras de tereftalato de polietileno (PET), se pueden utilizar como refuerzo de probetas añadidas a las vigas de concreto (Foti, 2011).

Al observar el comportamiento del concreto que contiene fibras de tereftalato de polietileno (PET), muestra una alta adherencia Concreto-PET, y un comportamiento más dúctil. (Hamsa & Abbas O., 2020).

Las características de impacto y resistencia del concreto autocompactante (SCC) que contiene diversos contenidos de fibras de PET encontraron que se obtuvo una mejora significativa en la resistencia a la compresión y flexión, resistencia al impacto, capacidad de absorción de energía y máxima defección debido a la adición de fibras de PET recicladas. ( Al-Hadithi AI, Noaman AT, & Mosleh WK, 2019; Taghreed Khaleefa , Nahla , Rabar , & Abdulkader I, 2020).

El uso de concreto confinado con PET FRP mostró un rendimiento significativamente mejor bajo cargas de impacto. El confinamiento de los compuestos de PET FRP (Polímeros reforzados con fibra) a las columnas de concreto como revestimientos externos no solo mejoró la fuerza máxima de impacto, sino que también prolongó el proceso de impacto (Kurihashi, Mikami, H, Komuro, M, & Kishi, N., 2016; Yu-Lei Bai, y otros, 2019).

El peso específico de los desechos de construcción con PET es más bajo que los del concreto, mostrando la ligereza en los elementos constructivos con PET. Entre otras características, muestra resistencia a la humedad e intemperie, facilidad para clavar, aserrar y buena adherencia de revoques (aplanados), así como un costo de producción parecido al tabique tradicional ( Silva Herrera & Ochoa Gonzales, 2019).

Tenemos en cuenta que, el concreto no armado es un material frágil, quebradizo y tiene baja resistencia a los esfuerzos de tracción (Galvão, 2010), por ello al añadir fibras; aunque sea discontinua y aleatoria al concreto, se tiende a tener una mejora en su resistencia, actuando sobre las fisuras que se produjeron por la exposición de la humedad o cambios de temperatura del ambiente. (Nara Caroline da Silva Rodrigues, Magnny Maisy de Barros Carvalho, Anna Victoria Morais Balbino, & Adriano Luiz Roma Vasconcelos, 2018)

Se llevo a cabo una investigación donde se usó desechos plásticos como reemplazo del agregado grueso convencional, lo cual resulto en una mejora las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas de concreto. Se informó que la resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión y la resistencia a la tracción dividida del concreto se incrementaron en un 8%, 5% y 3% en comparación con la del concreto de control al nivel de reemplazo del 15%. A medida que el porcentaje de reemplazo aumentó más allá del 15%, todas las propiedades del concreto mostraron una tendencia a la baja. Este hecho se debió a la presencia excesiva de agua en la mezcla de concreto porque los desechos plásticos tienen una absorción de agua muy baja en comparación con los agregados gruesos convencionales (Subramani & Pugal, 2015).

También se evaluó la influencia de la sustitución parcial de PET por arena en 10% por volumen a los 28 y 90 días de curado en la resistencia a la compresión axial, donde se verificó una reducción del 20% de la propiedad evaluada y esto ocurre debido a la resistencia y la masa específica del polímero es menor que la arena. (Correa, P. M, y otros, 2013), (P. M. Correa, D. Guimarães, & R. M. C. Santana, 2019).

Por ello se busca evaluar una forma eficaz para reciclar los residuos de plástico PET, es utilizándolos en el concreto (B. Yesilata, Y. Isıker, & P. Turgut, 2009), (E. Rahmani, M. Dehestani, M. Beygi, H. Allahyari, & I. Nikbin, 2013). De esta manera, este residuo plástico no regresa directamente al medio ambiente y también actúa como una alternativa para el agregado natural en la mezcla de concreto; convirtiéndolo en una alternativa al agregado natural en la mezcla de concreto (Nematzadeh & Maziar Fakoor, 2020).

Ya que el uso del agregado fino y el agregado grueso disminuyen, por lo tanto, el agregado PET se puede utilizar en trabajos menos importantes, utilizando este el material desecho que se produce en grandes cantidades. (Karthikeyan , Balamurali , Barath , Manoj , & Janarthanan , 2019)

Por esta razón, la presente investigación se enfocó en realizar una revisión bibliográfica entre el periodo de 2016 a 2020, con relación a la incorporación de Fibras PET para la realización de concreto, donde se busca verificar la mejora en las propiedades mecánicas del concreto con la adición de fibra.

**Metodología:** La investigación realizada fue de tipo exploratoria-cualitativa, dado que los autores realizaron una revisión bibliográfica. Los criterios de búsqueda de artículos tuvieron presentes las siguientes palabras clave: Concreto con fibras PET, medio ambiente, reciclado, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión.

**Características físicas y mecánicas del concreto con fibra PET**

**1.- Trabajabilidad**

Se define como la propiedad del concreto con la resistencia de mezcla deseada, que ayuda en la colocación y compactación del concreto fresco en el sitio.

Estudió el efecto de la fibra de PET en el concreto, se elaboró uno sin fibras, con 1% de fibras de polipropileno, con 1% de fibras de PET y sustituyendo la fibra de polipropileno en un 0,25%, 0,5% y 0,75% por fibras de PET (por volumen de concreto). Para la trabajabilidad, se llevó a cabo una prueba de cono de asentamiento y factor de compactación. Se encontró que el concreto elaborado con fibras de PET al 1% y 0,75% tenía un asentamiento de mezcla del 70% y 60% respectivamente y era más trabajable en comparación a las otras muestras. (Singh & Goel, 2016)

**2.- Durabilidad**

Se hizo investigaciones respecto a cómo reacciona su durabilidad en el concreto incorporado con PET, partir de los resultados de las pruebas se obtienen las siguientes conclusiones, la mezcla con fibra de PET de fracción de volumen de 1.00% y relación de aspecto de 0.45 funciona mejor tanto en ataque de ácido como de cloruro, la relación de pérdida de resistencia de todas las mezclas está en el rango de 10.3% a 15.5% Todas las probetas de concreto permiten la penetración de cloruros en bajo nivel, a partir de las cuales la mezcla de la pobreta con 1% de fibras PET presenta un valor bajo entre todas las mezclas. El rango de deterioro de la resistencia está por debajo del límite aceptable para todas las mezclas en condiciones severas. (Krishnamoorthy, Tensing, Sivaraja, & Krishnaraja, 2017)

**3.- Permeabilidad**

En el estudio realizado se observó que la profundidad de penetración del agua para una relación de 0:45 a / c sin residuos de PET después de 28 días de curado era de 24 mm y aumentaba con el incremento de residuos PET en el concreto; se observó que eran de 24 mm, 28 mm, 42 mm, 71 mm y 105 mm en reemplazos de 0%, 5%, 10%, 15% y 20% de agregado. Se observó que la profundidad de penetración del agua era de 24 mm, 35 mm, 62 mm, 121 mm y 150 mm con reemplazos de 0%, 5%, 10%, 15% y 20% de agregado de coco, respectivamente. Este aumento en la profundidad de penetración del agua se puede atribuir al hecho de que los residuos de PET aumentan en la zona de transición interfacial (ZTI), lo que puede actuar como un puente entre los poros, provocando un aumento del número de huecos en la estructura del concreto. Los residuos de PET, debido a la forma irregular y la menor adherencia con la pasta de cemento, aumentan aún más el número de huecos en el concreto, lo que resulta en una mayor permeabilidad al agua. (R. Saxena, T. Gupta, R.K. Sharma, S. Chaudhary, & A. Jain, 2018) (Islam G.S & Gupta, S.D., 2016)

 **4.- Absorción**

Estudiaron la relación entre la resistencia a la compresión y las propiedades de sorptividad del concreto de grado M-20 y M-30 reforzado con fibra de PET. Agregaron fibra de botella de PET residual en una relación de aspecto de 35 y 50, en una proporción de 0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2.0%, 2.5% y 3% por volumen en la mezcla. La absorción de agua disminuyó hasta un 1% en la proporción de fibras y aumentó en porcentajes más altos para ambos grados de concreto y ambas proporciones de fibra de PET. La Sorptividad inicial y secundaria del concreto de grado M-20 con 1% de fibra de relación de aspecto 50 se reduce en un 11,85% y un 16,83% respectivamente. (Nibudey, Nagarnaik, Parbat, & Pande, 2014)

**5.- Temperatura**

El efecto de las altas temperaturas sobre las propiedades mecánicas del concreto se investiga desde 1940 y, desde entonces, se comprueba su influencia en el comportamiento de estos materiales. Cuando se exponen a altas temperaturas, los materiales a base de cemento sufren cambios físico-químicos que perjudican sus propiedades mecánicas y comprometen su resistencia a la transferencia de calor. (Matesová, Bonen, & Shah, 2006)

Cuando el concreto es expuesto a altas temperaturas se producen 2 tipos de procesos: el proceso termo mecánico, asociado con la expansión térmica o gradientes de expansión que ocurren dentro del elemento expuesto a altas temperaturas; y el proceso de termo-agua. relacionado con la transferencia de masa en la red de poros (aire, vapor y agua líquida) y que se traduce en el desarrollo de altas presiones. (Khoury, 2008)

la incorporación de fibras altera la microestructura de un concreto, las propiedades inherentes de diferentes tipos de fibras también influyen en las propiedades de estos materiales bajo fuego. Los efectos de la fusión y degradación de las fibras contribuyen al aumento del volumen de los poros. (Noumowe, 2006)

Los posibles mecanismos para aliviar la presión producida en los poros del concreto calentado inducidos por la presencia de fibras de polipropileno pueden ser de dos formas: los depósitos discontinuos (burbujas de aire y micro-fisuras) para acomodar el vapor en expansión y los canales continuos para la migración del vapor de humedad. La eficiencia de los mecanismos de alivio de presión depende no solo de las características del material de polipropileno, sino también de las características de la fibra en sí relacionadas con sus dimensiones. Consideraciones importantes incluyen el uso de monofilamentos lisos de pequeños diámetros y longitud adecuada para permitir una buena dispersión de las fibras y la interconectividad entre ellas. (Castro, T. Tiba, & Pandolfelli, 2011)

 **6.- Resistencia a la tracción**

El análisis de concreto reforzado con fibra PET sugiere que el rendimiento de flexión posterior al agrietamiento y su ductilidad se mejoran debido al uso de fibra de PET reciclada para reforzar el hormigón. (Meza & Siddique, 2019)

La capacidad de una fibra para reforzar el concreto está relacionada con la interfaz fibra-matriz y la resistencia a tracción de la fibra. Por lo general, las pruebas de extracción (Diamantina) se utilizan para analizar el comportamiento de unión de una interfaz fibra-matriz. (Abdallah, Fan, & Zhou, 2017)

Se realizó una investigación experimental para encontrar el comportamiento de la fibra de PET en el concreto donde se añadió los siguientes porcentajes de fibras de PET (0%, 2%, 4% y 6%). Cuando se agrega hasta un 4% aumenta la resistencia a la flexión en comparación con la viga de concreto convencional. Para los resultados de cubos y vigas con un 6% de fibra, la resistencia del concreto disminuyó en comparación con el concreto convencional. Para cilindros con hasta un 6% de fibra agregada, la resistencia a la tracción dividida aumentó en comparación con el concreto convencional. La deflexión de la viga de concreto disminuyó con un 4% de fibra. La fibra es compatible como material de construcción hasta un 4%. Como muestran los resultados, el porcentaje óptimo del 4% de fibras de PET se puede utilizar como material de construcción. (T.Subramani & A. Fizoor Rahman , 2017)

Las fibras de tereftalato de polietileno (PET) se utilizan generalmente como un refuerzo discreto en la sustitución de la fibra de acero para mejorar la resistencia a la tracción y mejorar la propiedad dúctil del concreto, se incorporó Fibras PET al $0.5\%$ y se obtuvo una mejora 10 - 20% a la resistencia a la tensión de tracción en comparación con las muestras patrón. (Marthong & Kumar Sarma, 2015)

**7.- Resistencia a la compresión**

El creciente contenido de PET en forma de fibra o agregado con un volumen de más del 10% como material de reemplazo reduce la resistencia del concreto. (Afroughsabet, Biolzi, & M. Monteiro, 2018)

Se emplearon dos geometrías de fibra diferentes, recta y deformada. Además, se examinaron dos longitudes de fibra diferentes, 50 mm y 30 mm, se realizaron muestras adicionando fibras PET al 0% (mezcla control), 0.5 %, 1 % y 1.5% para cada perfil de fibra. La adición de fibras de PET recicladas condujo a una reducción de entre un 0,5% y un 8,5% en la resistencia a la compresión en comparación con la mezcla de control, las muestras que contienen fibras más cortas se comportaron ligeramente mejor en comparación con los que contienen fibras más largas (J. Schembri, 2011); con respecto al agrietamiento por retracción, la mezcla reforzada con 1% en volumen de fibras deformadas de 50 mm de largo exhibió el mejor desempeño ya que no se observaron grietas después de 28 días. (Borg, Baldacchino, & Ferrara, 2016), (S. Kim, N. Yi, H. Kim, J. Kim, & Y. Song, 2010)

Estudios realizados demuestran que la mezcla de concreto modificado, con la adición de agregado plástico que reemplaza el agregado convencional hasta 20%, da resistencia a la compresion dentro del límite permisible. La densidad del concreto se reduce notablemente después de un 20% de sustitución de agregado. (Patil, Mali, Tapkire, & Kumavat, 2014)

**8.- Resistencia a la Abrasion**

La resistencia a la abrasión se determinó en términos de la profundidad del desgaste de la superficie. Se observó que la profundidad de desgaste del hormigón de control era de 0,42 mm para una relación a / c de 0:45. Con el aumento de los desechos de PET como reemplazo de agregado fino y Agregado grueso, la profundidad de desgaste disminuyó en todos los niveles de reemplazo. Se observó que la profundidad de desgaste era de $0,42 mm, 0,38 mm, 0,33 mm, 0,32 mm $y $0,27 mm$ en reemplazos de 0%, 5%, 10%, 15% y 20% de agregado ne, respectivamente. Se observó que la profundidad de desgaste era de $0,42 mm$ $0,31 mm, 0,26 mm, 0,25 mm y 0,23 mm$ en reemplazos de agregado grueso de 0%, 5%, 10%, 15% y 20%, respectivamente. Esto indica que la resistencia al desgaste aumenta con el aumento en el reemplazo de agregado fino y agregado grueso por desechos de PET. Este aumento de la resistencia a la abrasión puede deberse a que los residuos de PET tienen una buena resistencia a la abrasión y una alta tenacidad (Saikia, N. & De Brito, J., 2014)

**9.- Módulo de Elasticidad**

En este estudio, el Módulo de Elasticidad (ME) estático del compuesto cementoso de ultra alto rendimiento (UHPC) y los compuestos cementosos ecológicos de ultra alto rendimiento (GUHPCC) con y sin fibras de PET se calculó sobre la base de las curvas de tensión-deformación. La adición de fibras de PET al concreto disminuyó el ME en UHPPC y GUHPPC resultantes en comparación con las del concreto sin fibras. Esto podría atribuirse a la capacidad de las fibras de PET para distribuir y absorber tensiones bajo carga de compresión aplicada. (Aktham H. Alani, N. Muhamad Bunnori, Ahmed Tareq Noaman , & T. A Majid, 2020; Yin, S., y otros, 2015).

El ME del PET es considerablemente menor que el de los agregados naturales; por lo que, un mayor contenido de agregado de PET reduce el ME del concreto resultante (Kim, S.B., Yi, N.H., Kim, H.Y., Kim, J.H.J., & Song, Y.C., 2010). Además, el módulo disminuye gradualmente ya que los residuos de PET son menos resistentes que la arena natural y se deforma menos cuando se aplica una tensión equivalente. (Albano, C., Camacho, N., Hernandez, M., Matheus, A., & Gutierrez, A., 2009)

**Conclusiones**

El objetivo de esta investigación fue indagar el uso de fibras PET recicladas, tanto rectas como deformadas, en el concreto como material de desecho mediante la evaluación de su efecto sobre las propiedades mecánicas y el rendimiento a edades tempranas y tardías en muestras de concreto.

Se obtuvo mejores resultados con respecto al rendimiento de flexión posterior al agrietamiento y su ductilidad que se mejoran debido al uso de fibra de PET.

Se analizo los efectos de incorporar diferentes porcentajes de fibra PET en el concreto, además, la producción de este compuesto orientó el análisis de mejoras en su capacidad de deformación y brindó un destino correcto para los envases de PET en desuso.

Las Fibras PET llegan a ser un gran aliado en la reducción de fisuras, deflexión de elementos estructurales y aumento la resistencia final a la tracción del concreto.

Se encontró que los valores de resistencia a compresión axial y a tracción por compresión diametral del compuesto se ven disminuidos cuando se incorpora mayor un porcentaje de Fibras PET.

La resistencia a la abrasión del concreto; aumentó con el incremento de residuos de PET como reemplazo, de agregado grueso. Profundidad de desgaste disminuyó en 0,42 mm a 0,23 mm.

Se demostró que la incorporación de Fibra PET tuvo como efecto una mejora en la trabajabilidad del concreto fresco y mejora en su resistencia a la flexión.

**Recomendaciones**

No incorporar fibras PET a una cantidad mayor al 5 % del volumen total ya que no existiría ningún beneficio hacia la mezcla endurecida.

El tamaño de la fibra, sí afecta a los efectos que se pueden producir en el concreto, donde se demuestra que hay mejores resultados cuando la fibra es de menor tamaño.

**Referencias**

Al-Hadithi AI, Noaman AT, & Mosleh WK. (2019). Mecánico propiedades y comportamiento al impacto del hormigón autocompactante reforzado con fibra de PET (SCC). *Compos Struct 224: 111021*. doi: https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2019.111021

Silva Herrera, R., & Ochoa Gonzales, G. H. (2019). Integración de PET reciclado a flexión. *Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (iteso)*. doi:: https://doi.org/10.32870/rvcs.v0i6.106

Abdallah, S., Fan, M., & Zhou, X. (2017). Pull-out behaviour of hooked end steel fibres embedded in ultra-high performance mortar with various w/b ratios international. *J. Concr. Struct. Mater., 11*(2), 301–313. doi:https://doi.org/10.1007/s40069-017-0193-8

ACHILIAS, D. S. (2008). Recycling techniques of polyolefins.from plastic wastes. *Global NEST Journal, v. 10*, 114-122.

Afroughsabet, V., Biolzi, L., & M. Monteiro, P. J. (15 de Abril de 2018). The effect of steel and polypropylene fibers on the chloride diffusivity and drying shrinkage of high-strength concrete. *Composites Part B: Engineering*, 84-96. doi:https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2017.11.047

Aktham H. Alani, N. Muhamad Bunnori, Ahmed Tareq Noaman , & T. A Majid. (2020). Mechanical characteristics of PET fibre-reinforced. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 1-23. doi: https://doi.org/10.1080/19648189.2020.1772117

Albano, C., Camacho, N., Hernandez, M., Matheus, A., & Gutierrez, A. (2009). Influence of content and particle size of waste pet bottles on concrete behaviour at diferent w/c ratios. *Waste Management, 29*(10), 2707-2716.

Azad A., M., & Aso A., F. (2020). *Experimental behavior and analysis of high strength concrete beams.* Kurdistán: Construction and Building Materials. doi:https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118350

B. Yesilata, Y. Isıker, & P. Turgut. (2009). Thermal insulation enhancement in concretes by adding waste PET and rubber pieces. *Constr. Build. Mater. 23*, 1878–1882. doi:https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2008.09.014.

Borg, R. P., Baldacchino, O., & Ferrara, L. (28 de enero de 2016). Early age performance and mechanical characteristics of recycled PET fibre reinforced concrete. *Construction and Building Materials, 108*, 29-47. doi:https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.01.029

Castro, A. L., T. Tiba, R. P., & Pandolfelli, V. C. (2011). Fibras de polipropileno e sua influência no comportamento de concretos expostos a altas temperaturas. Revisão. *Cerâmica, 57*, 22-31.

Correa, P. M, Rodrigues Junior, L. F., Maciel, A., Swarowsky, A., & Santana, R. M. C. (2013). Obtenção de concreto leve: um estudo sobre a adição de polímero com grupos funcionais - PET. *In: CBPol, Florianópolis.*

E. Rahmani, M. Dehestani, M. Beygi, H. Allahyari, & I. Nikbin. (2013). On the mechanical properties of concrete containing waste PET particles. *Constr. Build. Mater.*, 1302–1308. doi:https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.06.041.

Farhad Fallah , Hamed , A., Saman, R. R., & Iman , M. N. (27 de Febrero de 2016). Feasibility study of waste Poly Ethylene Terephthalate (PET) particles as aggregate replacement for acid erosion of sustainable structural normal and lightweight concrete. *Journal of Cleaner Production*. doi:10.1016/j.jclepro.2016.02.143.

Fonseca Rodrigues, P., Portela Ribeiro, T., & Neves Junior, A. (2017). *Caracterização Mecânica de Compósitos Cimentícios Reforçados com.* Barra do Garças: Engineering and Science.

Foti, D. (2011). Preliminary analysis of concrete reinforced with waste bottles PET fibers. *Constr. Build. Mater*, 1906-1915.

Galvão, S. (2010). Uso de materiais poliméricos reciclados em estruturas de concreto para superfícies hidráulicas. *Curitiba*.

Hamsa , M., & Abbas O., D. (2020). *Strength behavior of reinforced concrete beam using re-cycle.* Maysan: Case Studies in Construction Materials. doi:https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00367

Hasan, M. J., Afroz, M., & Mahmud, H. M. I. (2011). An experimental investigation on mechanical behavior. *International Journal of Civil and Environmental*, 11(3), 18–23.

Islam G.S, & Gupta, S.D. (2016). Evaluating plastic shrinkage and permeability of polypropylene fiber reinforced concrete. *International Journal of Sustainable Built Environment, 5*(2), 345-354.

J. Schembri. (2011). Recycled Polyethylene Terephthalate Fibres in Concrete. *University of Malta*.

Karthikeyan , M., Balamurali , K., Barath , K. V., Manoj , P., & Janarthanan , R. (4 de Abril de 2019). Utilization of Waste Plastic in Concrete. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 1400-1405.

Khoury, G. A. (2008). Polypropylene fibers in heated concrete. Part 2: pressure relief mechanisms and modeling criteria. *Magazine Concrete Res., 60*(3), 189-204.

Kim, S.B., Yi, N.H., Kim, H.Y., Kim, J.H.J., & Song, Y.C. (2010). Material and structural performance evaluation of recycled PET . *Cement and Concrete Composites, 32*(3), 232-240.

Krishnamoorthy, M., Tensing, D., Sivaraja, M., & Krishnaraja, A. R. (Octubre de 2017). Durability studies on Polyethylene Terephthalate (Pet) fibre reinforced concrete. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET), 8*(10), 634–640. Obtenido de http://www.iaeme.com/ijciet/issues.asp?JType=IJCIET&VType=8&IType=10

Kurihashi, Y., Mikami, H, Komuro, M, & Kishi, N. (2016). Effect of sheet volume on impact resistant capacity of RC. *In Proceedings of the 8th Inernational Conference on Fiber-Reinforced Polymer (FRP) Composites in Civil Engineering (CICE 2016)*, 14-16.

Lima Barreto, J. M., Nogueira da Costa, H., Cândido, L. F., & Cabral Correio, A. E. (2019). *Análise das propriedades físicas e mecânicas de blocos de concreto prensados sem função estrutural com incorporação de PET reciclado.* Ceará: Revista Materia. doi:10.1590/S1517-707620190002.0672

MACDONALD, W. A. (2002). New advances in poly (ethylene terephthalate) polymerization and degradation. *Polymer International, v. 51*, 923-930.

Marthong, C., & Kumar Sarma, D. (12 de Agosto de 2015). Influence of PET fiber geometry on the mechanical properties of concrete: an experimental investigation. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 771-784. doi:10.1080/19648189.2015.1072112

Matesová, D., Bonen, D., & Shah, S. P. (2006). Factors affecting the resistance of cementitious materials at high temperatures and medium heating rates. *Materials and Structures, 39*(9), 919-935.

Meza de Luna, A., & Ahmed Shaikh , F. U. (2020). *Anisotropy and bond behaviour of recycled Polyethylene terephthalate.* Australia : Construction and Building Materials. doi:https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120331

Meza, A., & Siddique, S. (2019). Effect of aspect ratio and dosage on the flexural response of FRC with recycled fibre. *Constr. Build. Mater, 213*, 286–291. doi:https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.04.081

Modro, N., Oliveira , A., Modro , N., & Modro , N. (2009). *Avaliação de concreto de cimento Portland contendo resíduos de PET.* Brasil: Revista Matéria. Obtenido de http://www.materia.coppe.ufrj.br/sarra/artigos/artigo11045/

Nara Caroline da Silva Rodrigues, Magnny Maisy de Barros Carvalho, Anna Victoria Morais Balbino, & Adriano Luiz Roma Vasconcelos. (2018). FIBRA DE PET NA PRODUÇÃO DE CONCRETOS. *Tecnol. Metal. Mater. Miner., São Paulo, v. 15, n. 3*, 207-211. doi:http://dx.doi.org/10.4322/2176-1523.158

Nematzadeh, M., & Maziar Fakoor, A. S. (2020). *Post-fire compressive strength of recycled PET aggregate concrete.* Babolsar: Construction and Building Materials. doi:https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119057

Nibudey, R. N., Nagarnaik, P. B., Parbat, D. K., & Pande, A. M. (2014). Compressive Strength and Sorptivity Properties of Pet Fiber Reinforced Concrete. *International Journal of Advances in Engineering & Technology, 7*(4), 1206-2016.

Noumowe, A. (2006). Mechanical properties and microstructure of high strength concrete containing polypropylene fibers exposed to temperatures up to 200º C. *Cement Concrete Res., 35*(11), 2192-2198.

P. M. Correa, D. Guimarães, & R. M. C. Santana. (2019). Influência da Concentração de Pet Pós-Consumo nas Propriedades Físicas do. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v. 14,*, 140-145.

Patil, P. S., Mali, J. R., Tapkire, G. V., & Kumavat, H. R. (Junio de 2014). Innovative Techniques of waste plastic used in concrete mixture. *International Journal of Research in Engineering and Technology, 3*(9), 29-32.

Patil, P.S., Mali, J.R., Tapkire, G.V., & Kumavat, H.R. (2014). Innovative techniques of waste plastic used in concrete mixture. *International Journal of Research in Engineering and Technology, 3*(9), 29-31.

Quenta Flores, D. (2020). EFECTO DEL RECICLADO DE LAS FIBRAS DE LAS. *Revista de Investigaciones de la Escuela de Posgrado - UNA by*, 1659-1670. doi: http://dx.doi.org/10.26788/riepg.2020.3.181

R. Saxena, T. Gupta, R.K. Sharma, S. Chaudhary, & A. Jain. (2018). Assessment of mechanical and durability properties of containing PET waste. *Scientia Iranica*, 1-9. doi:10.24200/sci.2018.20334

Rahmani, E., Dehestani, M., Beygi, M.H.A., Allahyari, H., . . . I.M. (2013). On the mechanical properties of concrete containing waste PET particles. *Constr. Build. Mater*, 1302-1308. doi:doi:10.1016/j.conbuildmat.2013.06.041

S. Kim, N. Yi, H. Kim, J. Kim, & Y. Song. (2010). Material and structural performance evaluation of recycled PET fiber reinforced concrete. *Cement Concr. Compos*, 232-240.

S. Shahidan, N. A. Ranle, S. S. Mohd Zuk, F. Sheikh Khalid, A . R . M . Ridzuan, & F. M. Nazri. (2018). Concrete Incorporated with Optimum Percentages of Recycled Polyethylene Terephthalate (PET) Bottle Fiber. *International Journal of Integrated Engineering, Vol. 10*, 1-8. doi: https://doi.org/10.30880/ijie.2018.10.01.001

Saikia, N., & De Brito, J. (2014). Mechanical properties and abrasion behaviour of concrete containing shredded PET bottle waste as a partial substitution of natural aggregate. *Construction and Building Materials, 52*, 236{244.

Singh, G., & Goel, S. (2016). Performance Evaluation of Pet-Polypropylene Hybrid Fiber Reinforced Concrete in Terms of Workability, Strength and Cost Effectiveness. *International Journal of Civil and Structural Engineering Research, 3*(2), 85-94.

Subraman, T., & Fizoor Rahman, A. (17 de Marzo de 2017). An Experimental Study On The Properties Of Pet Fibre Reinforced Concrete. *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEM)*, 58-66.

Subramani, T., & Pugal, V. K. (2015). Experimental Study On Plastic Waste As A Coarse Aggregate For Structural Concrete. *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEM), 4*(5), 144-152.

T.Subramani, & A. Fizoor Rahman . (2017). An Experimental Study On The Properties Of Pet Fibre Reinforced Concrete. *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEM)*, 58-66.

Taghreed Khaleefa , M. A., Nahla , H., Rabar , H., & Abdulkader I, A.-H. (2020). *Properties of eco-friendly pervious concrete containing polystyrene.* Kurdistan: Innovative Infrastructure Solutions. doi:https://doi.org/10.1007/s41062-020-00323-w

Yin, S., Tuladhar, Shi, F., R., Combe, . . . N. (2015). Use of macro plastic fibres in. *Construction and Building Materials*, 93,180-188. doi:https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.05.105

Yu-Lei Bai, Zhi-Wei Yan , Togay Ozbakkaloglu, Jian-Guo Da, Jun-Feng Jia, & Jun-Bo Jia. (2019). *Dynamic Behavior of PET FRP and Its Preliminary.* China: Appl. Sci. doi:10.3390/app9234987