



Received: 07/02/2019
Accepted: 20/02/2019

Anales de Edificación
Vol. 5, Nº 2, 9-13 (2019)
ISSN: 2444-1309
Doi: 10.20868/ade.2019.4040

Análisis comparativo del comportamiento mecánico del hormigón tradicional vs. hormigón con inclusión de caucho reciclado.

Comparative analysis of the mechanical behavior of traditional concrete vs. concrete including recycled rubber.

Mario Andrés Ordóñez Lino^a, Francisco Fernando Looor Cevallos^b, Alex Bolívar Salvatierra Espinoza^c

^a Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. Ecuador (asalvatierrae@ulvr.edu.ec), ^b Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. Ecuador (floorc@ulvr.edu.ec), ^c Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. Ecuador (mordonezl@ulvr.edu.ec)

Resumen— Las investigaciones han demostrado que los neumáticos de caucho desechados contienen en su estructura, moléculas que no permiten la descomposición en condiciones ambientales normales. La opción que más se ha usado con los años para eliminar este tipo de desecho es la quema del caucho, que si bien incinerado desaparece físicamente, igual produce otro tipo de contaminación como la atmosférica. Se plantea realizar un análisis comparativo del comportamiento mecánico del hormigón tradicional vs el hormigón con inclusión de caucho reciclado, para de este modo conocer cómo actúa este desecho se aplicará ensayos de resistencia a la compresión y a la flexión manejando un porcentaje de 5% y 10% de inclusión de caucho, en dos presentaciones tanto fino como grueso sustituyendo así la arena o la piedra picada, adicional a lo ya mencionado también se realizará el respectivo ensayo granulométrico y de desgaste por abrasión de los Ángeles, todo esto para un diseño de hormigón con resistencia de 280kg/cm².

Palabras Clave— hormigón con inclusión de caucho; contaminación ambiental; recursos naturales; reciclaje.

Abstract— Research has shown that discarded rubber tires contain in their structure, molecules that do not allow decomposition under normal environmental conditions. The option that has been used the most over the years to eliminate this type of waste is the burning of rubber, which, although incinerated, disappears physically, it also produces another type of pollution, such as atmospheric pollution. It is proposed to perform a comparative analysis of the mechanical behavior of traditional concrete vs. concrete with the inclusion of recycled rubber, in order to know how this waste acts, compression tests will be applied. and bending handling a percentage of 5% and 10% of inclusion of rubber, in two presentations both fine and coarse replacing the sand or stone, in addition to what has already been mentioned, the respective granulometric and abrasion wear tests will be carried out of Los Angeles, all this for a concrete design with resistance of 280kg/cm².

Index Terms— concrete including rubber; environmental pollution; natural resources; recycling.

I. INTRODUCCIÓN

La iniciativa de crear un hormigón especial que sea eco-amigable con el medio ambiente y que no deje de ser totalmente funcional en el ámbito de la construcción, nace en el análisis de los distintos tipos de contaminantes ambientales más nocivos y notorios existentes en la actualidad, pretendiendo así utilizar este elemento contaminante como parte del cuerpo físico del hormigón.

II. MARCO TEÓRICO

El presente artículo científico hará mención a diferentes estudios, tesis y artículos que mantengan relación con dicho proyecto sobre la inclusión de caucho en el hormigón y de ese modo compararlo con el hormigón tradicional, conforme a esto se tiene que los autores Albano et al. (2018), Caracas, en su investigación sobre “Estudio de concreto elaborado con caucho reciclado de diferentes tamaños de partículas”, muestra que la aplicación de estudios de resistencia a la comprensión y tracción con materiales para la composición de 5% respecto al peso con diferentes tamaño de partículas de acuerdo a la caracterización de grueso y fino, siendo el primero de una medida $\geq 1,19\text{mm}$ y el segundo $< 1,19\text{mm}$, para el cual al presentar la edad de 28 días se tiene que la inclusión de caucho fino presenta disminución considerable a las propiedades mecánicas, a diferencia del 5% de caucho grueso que resulto en las pruebas con ninguna variación respecto a las propiedades mecánicas, además de tener una conducta bastante igual al módulo de elasticidad y de impedancia acústica.

Para Peñaloza Garzón (2015), Bogotá, en su trabajo de titulación “Comportamiento mecánico de una mezcla para concreto reciclado usando neumáticos triturados como reemplazo del 10% y 30% del volumen del agregado fino para un concreto con fines de uso estructural”, allí se pudo observar que el concreto con la inclusión de 10% de caucho reciclado o GCR presento a los 7 días de edad mayor resistencia que cualquier otra, para los 14 días de edad, finalizando a los 28 días de edad con una resistencia considerable y positiva, comportándose al mismo nivel que una tradicional, solo con un 3% de resistencia debajo de la convencional, lo que concluye que esta mezcla con la sustitución del 10% del agregado fino puede ser sustituida ya que reacciona bien a la comprensión requerida, en vista que el diseño de concreto se basaba en una resistencia de 21MPa (214,14 Kg/cm²).

En este orden de ideas se toma en consideración la tesis de maestría realizada por Torres Ospina (2014), Bogotá, titulado “Valoración de propiedades mecánicas y de durabilidad de concreto adicionado con residuos de llantas de caucho”, es en este estudio donde se puede observar que se utilizó como agregado fino la sustitución de grano de caucho, en este estudio se emplearon cuatro mezclas diferentes, la primera muestra no posee inclusión de caucho, la segunda posee un reemplazo de 10% del agregado fino por la misma de caucho, la tercera muestra fue reemplazada con un 20% del agregado fino y la cuarta con reemplazo de 30%, en este tipo de muestra

se tomó en consideración el estudio de propiedades mecánicas como lo son: resistencia a la comprensión y a la flexión, al igual de esto se tomó en consideración ensayos de durabilidad, estos ensayos son: penetración de cloruros, carbonatación, absorción y propiedades eléctricas como resistividad e impedancia, a todas las pruebas se le hizo la evaluación en edades de 28 y 90 días, excepto el ensayo de resistencia a la comprensión, el cual se hizo para 3, 7, 28 y 90 días.

Terminado esto y con los resultados arrojados se constató que en las pruebas de resistencia a la comprensión y flexión hubo una disminución para las muestras con adición de caucho, para ensayo de cloruro con las muestras de adición de caucho que contenían entre 20% y 30% presentaron un aumento, a diferencia del 10% que presentó disminución al compararse con la muestra que no posee caucho.

Por otro lado según Eraso & Ramos (2015), Cali, titulado “Estudio del comportamiento mecánico del concreto, sustituyendo parcialmente el agregado fino por caucho molido recubierto con polvo calcáreo”, en este estudio se incorporó el caucho molido tratado y no tratado con el polvo calcáreo en las mezclas de concreto, para esto sera necesario llevar a ensayos bajo normas NTC, de ese modo se le tomo a consideración un diseño de 15MPa (152,96 Kg/cm²) como resistencia objetivo para concretos de uso no estructural, al finalizar los respectivos ensayos se obtuvo que el concreto que contenía caucho molido en volúmenes de 5% y 10% para el agregado fino si puede ser empleado para la elaboración de concreto de uso no estructural.

III. METODOLOGÍA

Se ampliará la información de acuerdo a las actividades realizadas en el laboratorio, considerando los ensayo aplicados de forma ordenada, inicialmente para la realización de las muestras fue necesario conocer el diseño de hormigón a utilizar, seguidamente iniciar con los ensayos de rigor que permitieran obtener las resistencias y el desgaste.

Es muy importante describir la procedencia del material de adhesión, el cual tiene origen en el reciclaje de caucho tipo lona seleccionado de neumáticos desechados, éste caucho fue procesado de forma manual, con el uso únicamente de agua y cuchillo, cortándolo de tal manera que obtenga la forma y tamaño de una piedra acorde al diseño para el reemplazo del agregado grueso, a diferencia del que se utilizó para el reemplazo del agregado fino, el cual fue triturado de forma mecánica asemejando la granulometría de la arena del diseño.

El primer ensayo se basa en conocer el módulo de finura de los agregados, el mismo se determinó por medio de los porcentaje de retenido acumulado, el segundo ensayo realizado se aplicó al caucho grueso, este ensayo se denomina desgaste de abrasión de los Ángeles, posteriormente se aplicó un tercer ensayo denominado ensayo de resistencia a la comprensión donde se utilizaron 5 probetas, una con un diseño de hormigón tradicional, 2 con inclusión de caucho fino en porcentaje de uno de 5% y otro de 10%, las 2 últimas muestras contenían caucho grueso en un 5% y 10% de inclusión, respectivamente.

ABRASIÓN DE LOS ÁNGELES				
MUESTRA : Caucho Grueso				
MALLAS		Peso antes del ensayo gr.	Peso después por tamiz No.12 gr.	% de pérdida
Pasa	Retiene			
1 1/2	1	2500		
1	3/4	2500		
		5000	5000	
$\%Pérdida = \frac{P_i - P_t}{P_i}$ $\%Pérdida = \frac{5000 - 5000}{5000} \quad \%Pérdida = 0,00$				
Observaciones: Norma ASTM C-131 Graduación A (12 CARGAS ABRASIVAS) 5000 Revoluciones				

Fig. 1. Ensayo de abrasión al caucho.

	Hormigón tradicional 280 Kg/cm ²	Reemplazo en AGREGADO FINO		Reemplazo en AGREGADO GRUESO	
		Hormigón con inclusión de caucho 5%	Hormigón con inclusión de caucho 10%	Hormigón con inclusión de caucho 5%	Hormigón con inclusión de caucho 10%
Edad	Esfuerzo compresión Kg/cm ²	Esfuerzo compresión Kg/cm ²	Esfuerzo compresión Kg/cm ²	Esfuerzo compresión Kg/cm ²	Esfuerzo compresión Kg/cm ²
7	171	155	118	120	103
7	166	157	103	121	106
14	227	192	90	143	112
14	-	213	138	151	113
21	260	228	175	159	119
21	259	244	175	183	116
28	293	238	189	161	129
28	304	246	196	184	125
28	-	243	203	188	135

Fig. 2. Resultados de ensayos a compresión de hormigón tradicional y con inclusión de caucho.

De igual modo se aplicó el ensayo de resistencia a la flexión en 5 muestras con las mismas características, cada ensayo fue realizado bajo supervisión y con asistencia de personal calificado, los datos obtenidos se establecieron por medio de gráficos que señalan el comportamiento de cada muestra (Fig. 1).

IV. RESULTADOS

A. Ensayos a la compresión

Se consideró cinco (5) cilindros, el primero de ellos de hormigón tradicional, el segundo y tercero con reemplazo caucho fino en 5% y 10% respectivamente, el cuarto y quinto con 5% y 10% de caucho grueso (Fig. 2).

B. Ensayos a la flexión

En la aplicación de este ensayo al igual que el anterior se realizó con 5 muestras, una del hormigón tradicional, las 2 siguientes con el caucho fino reemplazando en 5% y 10%, y las últimas dos con el 5% y 10% de reemplazo de caucho grueso (Fig. 3).

C. Párrafo comparativo

Con esta investigación se pretende comparar el comportamiento mecánico de flexión y compresión del hormigón tradicional de 280 Kg/cm² vs. el hormigón con la inclusión de partículas de caucho de neumáticos reciclados, con dimensiones que se asemejen a la granulometría de la

piedra de ½” y a la de arena; sin embargo, a pesar de no haber obtenidos buenos resultados en cuanto a la comparación con la resistencia a compresión, se pudo obtener información positiva cuando se ensayaban las probetas (vigas) a flexión.

1) Absorción

Los agregados pétreos tienen poco porcentaje de absorción a pesar de ser cuerpos porosos, mientras que las partículas de caucho grueso (reemplazo de la piedra) absorbían un 12% de su propio peso y las de caucho fino (reemplazo de la arena) hasta un 40%.

2) Desgaste por abrasión

Los agregados gruesos como es de conocimiento general, presenta un porcentaje de desgaste notable el cual se determina mediante el ensayo de abrasión; sin embargo, las partículas de caucho que se usaron en reemplazo del agregado grueso, eran prácticamente inmunes al desgaste, según el ensayo de abrasión mediante la prueba de Los Angeles.

3) Tipo de falla

Los cilindros de hormigón tradicional ensayados presentan en las roturas tipo de falla A (Cono), mientras que los cilindros de hormigón con caucho presentan una falla similar a la del tipo D (corte) pero sin grado de inclinación, prácticamente perpendicular a la longitud del cilindro (Fig. 4).

4) Comportamiento del cilindro en el ensayo

Los cilindros de hormigón tradicional al aplicarles carga, presentaba fallas de manera progresiva y con simple aparición

Edad	Hormigón tradicional 3,40 Mpa Esfuerzo flexión Mpa	Reemplazo en AGREGADO FINO		Reemplazo en AGREGADO GRUESO	
		Hormigón con inclusión de caucho 5% Esfuerzo flexión Mpa	Hormigón con inclusión de caucho 10% Esfuerzo flexión Mpa	Hormigón con inclusión de caucho 5% Esfuerzo flexión Mpa	Hormigón con inclusión de caucho 10% Esfuerzo flexión Mpa
7	2,55	1,88	1,95	2,07	1,95
7	2,40	2,04	1,87	2,00	2,29
14	2,93	2,63	2,11	2,07	2,12
14	2,97	2,63	2,18	2,15	2,02
21	2,98	2,51	2,41	2,38	2,34
21	3,04	2,87	2,37	2,47	2,39
28	3,35	2,7	2,61	2,37	2,32
28	3,41	2,89	2,79	2,75	2,54

Fig. 3. Resultados de ensayos a compresión de hormigón tradicional y con inclusión de caucho.

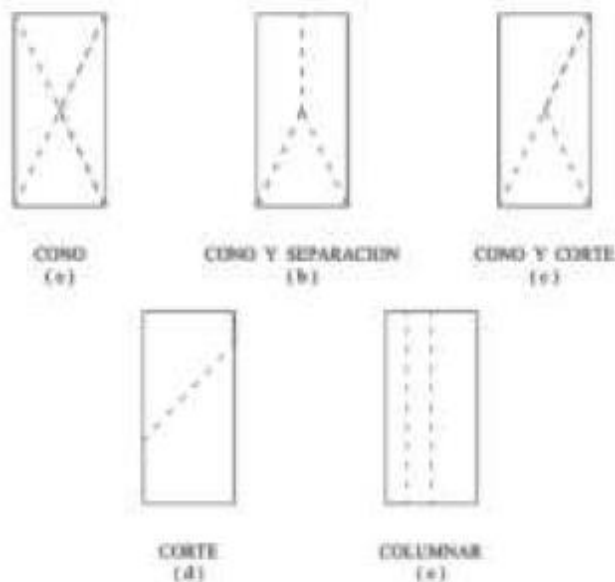


Fig. 4. Tipos de rotura. Fuente: Slideshare.

de fisuras, y los cilindros elaborados con hormigón con caucho, tendían a explotar cuando se le aplicaban las cargas.

5) *Cohesión de componentes*

En los ensayos a compresión, el hormigón tradicional al momento de fallar en las roturas, desprendía trozos de hormigón que presentaban cohesión entre los agregados y la pasta de cemento; mientras que los cilindros de hormigón con inclusión de caucho, no presentan esa amalgama característica del hormigón tradicional, existiendo falta de adherencia entre los componentes del hormigón.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los ensayos realizados, se determina que la inclusión de caucho en el hormigón solo se puede ejecutar en elementos que trabajan a flexión, quedando totalmente descartada la utilización en estructuras que solicitan cargas de compresión, ya que según los ensayos realizados los resultados obtenidos fueron desfavorables con este tipo de carga.

El hormigón con inclusión de caucho se pueden utilizar en elementos no estructurales y que trabajen a flexión, tales como pavimento de tránsito liviano, ciclovías, vías peatonales, contrapisos en general, etc.

Se propone realizar conferencias informativas en Hormigoneras, Centros de distribución de materiales de construcción, y universidades, explicando la importancia de utilizar caucho reciclado de neumáticos procesados y reemplazarlos en porcentajes de hasta el 10% en elementos no estructurales, demostrando su efectividad y disminuyendo así la explotación desenfrenada de canteras en la ciudad de Guayaquil.

REFERENCIAS

- Albano, C., Camacho, N., Hernández, M., Bravo, A., & Guevara, H. (2018). Estudio de concreto elaborado con caucho de reciclado de diferentes tamaños de partículas. Caracas: Innovación Tecnológica.
- Arribas Ugarte, C. (2015). Ecologistas en acción. Recuperado el 2018, de Ecologistas en acción: <https://www.ecologistasenaccion.org/?p=31369>
- Ávila Baray, H. L. (2014). eumed.net. Recuperado el Noviembre de 2018, de eumed.net: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2006c/203/2f.htm>.
- Casas, B., Corredor, A., & Gutierrez, D. (2016). Slideshare. Recuperado el 12 de Octubre de 2018, de Slideshare: <https://es.slideshare.net/BrayanTangarife/en-sayo-flexion>.
- Cruz, L. (2018). Lifeder. Recuperado el 2018, de Lifeder: <https://www.lifeder.com/investigacion-empirica/>.
- Eraso, H. F., & Ramos, N. (2015). Estudio del comportamiento mecánico del concreto, sustituyendo parcialmente el agregado fino por caucho molido recubierto con polvo calcáreo. Cali: Pontificia Universidad Javeriana Cali.
- Gómez, E. (2017). Halosolar. Recuperado el 2018, de Halosolar: <http://halosolar.mx/las-llantas-y-su-gran-impacto-ambiental/>.
- Peñaloza Garzón, C. R. (2015). Comporamiento mecánico de una mezcla para concreto reciclado usando neumáticos triturados como reemplazo del 10% y 30% del volumen del agregado fino para un concreto con fines de uso estructural. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Torres Ospina, H. A. (2014). Valoración de propiedades mecánicas y de durabilidad de concreto adicionado con residuos de llantas de caucho. Bogota: Escuela Colombiana de Ingeniería Garavito.



Reconocimiento – NoComercial (by-nc): Se permite la generación de obras derivadas siempre que no se haga un uso comercial. Tampoco se puede utilizar la obra original con finalidades comerciales.