

# Concreto adicionado con colillas de cigarrillo como propuesta para la minimización de estos residuos en el medio ambiente

Concrete added with cigarette butts as a proposal to minimize these waste in the environment

—

Karla Samantha Hernández Pacheco  
karlyhp11@gmail.com

Roberto Arroyo Matus  
arroyomatus@hotmail.com

Sulpicio Sánchez Tizapa  
sstizapa@uagro.mx

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO, GUERRERO, MÉXICO



Para citar este artículo:

Hernández Pacheco, K. S. ., Arroyo Matus, R. ., & Sánchez Tizapa, S. (2022). Concreto adicionado con colillas de cigarrillo como propuesta para la minimización de estos residuos en el medio ambiente. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 11(30). <https://doi.org/10.31644/IMASD.30.2022.a05>

## RESUMEN

Las colillas de cigarrillo tardan en degradarse entre 2 y 10 años; tienen sustancias perjudiciales para el medio ambiente pues una sola colilla puede contaminar 8 litros de agua de mar y hasta 50 litros de agua potable, no son residuos biodegradables por lo que tirarlas junto con los residuos orgánicos no es una alternativa. Es un residuo diminuto difícil de reciclar, por estas razones, deben buscarse alternativas innovadoras para su disposición y destino final. En la industria de la construcción el concreto es uno de los materiales más utilizados en el mundo por sus características físicas y mecánicas antes diversas exigencias y su gran disponibilidad local. El objetivo del trabajo consiste en emplear las colillas en el concreto como una alternativa para la disposición final de estos residuos disminuyendo de esta manera el porcentaje de desechos en el ambiente.

Se diseñaron mezclas con resistencias a la compresión de 24.5 y 29 MPa a las cuales se les adicionó la colilla de cigarrillo en diferentes porcentajes. Se realizaron ensayos al concreto en estado endurecido de compresión cilíndrica y tracción indirecta. En estado fresco se midió la trabajabilidad del concreto, temperatura, densidad y contenido de aire. Con los resultados obtenidos se obtuvieron resultados favorables, demostrando que la adición de las colillas al concreto como alternativa para la disposición final de dichos residuos es viable.

### Palabras clave:

*Concreto; Colillas; Cigarrillo.*

— *Abstract* —

Cigarette butts take between 2 and 10 years to degrade; they contain substances that are harmful to the environment, a single cigarette butt can pollute 8 liters of seawater and up to 50 liters of drinking water; they are not biodegradable waste so throwing them away with organic waste is not feasible. It is a tiny waste difficult to recycle, for these reasons, innovative alternatives must be sought for its disposal and final destination. In the construction industry, concrete is one of the most used materials in the world due to its physical and mechanical characteristics before various demands and its great local availability. The objective of the work is to use cigarette butts in the concrete as an alternative for final waste disposal, thus reducing the percentage of waste in the environment.

Mixtures with compressive strengths of 24.5 and 29 MPa were designed to which the cigarette butt was added in different percentages. Tests were carried out on concrete in the hardened state of cylindrical compression and indirect traction. In the fresh state, the workability of the concrete, temperature, density and air content were measured. With the results obtained, favorable results were obtained, demonstrating that the addition of cigarette butts to concrete as an alternative for the final disposal of said waste is viable.

**Keywords:**

*Concrete; Butts; Cigarette.*

El incremento en la contaminación ambiental ha ido en aumento en los últimos años, motivo por el cual se tiene la necesidad de educar a la sociedad para un adecuado manejo, control y reciclaje de desechos; mediante grandes esfuerzos por parte de gobiernos, instituciones y empresas privadas. Hoy en día, poco a poco se empieza a crear conciencia acerca del manejo responsable de los residuos (Lizano, 2010).

Dentro de la larga lista de residuos se encuentran desde papel, plástico, y hasta residuos tecnológicos, pero en esta lista poco se ha hecho por los filtros de los cigarrillos. Para muchos es un pequeño papel que no requiere ser desechado o tratado. Pero la realidad es otra, y no existe conciencia acerca de ello.

Actualmente, de acuerdo a numerosos estudios realizados, se ha determinado que las colillas de cigarrillo están consideradas el residuo sólido más común a nivel mundial. Hay indicios que en el mundo existen 6 millones de fumadores que consumen un promedio de 3 cigarrillos al día generando un total de 18 millones de cigarrillos diarios de acuerdo a (Cai, y otros, 2019). Se estima que cada año se desechan 767 millones de kilogramos de colillas de cigarrillo, (Novotny, 2009); en otro estudio realizado en 2011 de Ocean Conservancy, se determinó que una sola colilla de cigarrillo puede contaminar 8 litros de agua de mar y hasta 50 litros de agua potable. Tirarlas junto con los residuos orgánicos no es una alternativa porque los contaminan y no se degradan, anulando así la posibilidad de transformarlos en composta; lo mismo pasa cuando se mezclan con residuos reciclables pues evitan que estos puedan aprovecharse. Se trata de un residuo difícil de reciclar por la cantidad de materiales que lo componen, por ello, se tienen que buscar alternativas innovadoras y no contaminantes para su disposición y destino final.

El objetivo general de la investigación es evaluar la viabilidad técnica de adicionar las colillas de cigarrillo en la elaboración de concreto, con el fin de minimizar el alto impacto ambiental que éstas generan garantizar que queden "encapsulados" en el concreto todos sus agentes contaminantes y tóxicos.

Se pretende que el concreto adicionado con colillas de cigarrillo pueda utilizarse sin que éste pierda sus características resistentes originales, pero que los materiales que componen las colillas le adicionen otras características como ligereza, aislamiento térmico y, sobre todo, que sea una alternativa viable para la disposición final de este tipo de residuo; asimismo, sustentable, factible de introducirse y transformarse en una práctica común en el proceso de elaboración del concreto de refuerzo.

## ANTECEDENTES

Una colilla de cigarrillo puede durar desde 18 meses a 10 años en descomponerse (no son biodegradables). Muchos de los fumadores tienen la mala costumbre de arrojar las colillas en el suelo cuando terminan de fumar. Las

lluvias suelen arrastrar estos desechos hasta las fuentes de agua, donde desprenden sus químicos; contienen contaminantes tóxicos como el alquitrán, benceno, amoníaco, cadmio, entre otros (UNE, 2015); que pueden contaminar hasta 50 litros de agua; además de mercurio, plomo, arsénico, uranio, torio y cadmio que, en conjunto, son sustancias que pueden infiltrarse en el suelo y las aguas subterráneas (Novotny, 2009). Se considera que más del cincuenta por ciento de los incendios forestales en el planeta son causados por colillas encendidas (Novotny, 2009).

Composición de un filtro de cigarrillo: los filtros de los cigarrillos están diseñados para absorber la acumulación de vapores y partículas de humo, para retener el alquitrán y el resto de productos perjudiciales, tanto los que lleva el tabaco como los producidos en la combustión del cigarrillo, antes de que lleguen a los pulmones de los fumadores (Guevara Lizano, 2010).

Los filtros en general tienen los siguientes componentes:

- Un “tapón” de filtro de acetato de celulosa: 95% de los filtros de cigarrillos están hechos de acetato de celulosa (plástico), y el resto se realizan a partir de papel y rayón.
- El acetato de celulosa es un material termoplástico relativamente duro, brillante, incoloro, transparente y amorfo con una buena claridad, estabilidad a los rayos UV y resistencia química moderadas, en la Figura 1 se puede apreciar un esquema de un cigarrillo convencional (Lincango & Mancero, 2020)



Figura 1. Partes de un cigarrillo convencional. Fuente: Lincango, J., & Mancero, E. (2020)

**Envoltorio del cigarrillo y la cola:** El papel utilizado para envolver el tabaco se hace de la fibra de lino. Los fabricantes añaden diversos productos químicos en el papel, incluyendo sales para acelerar o controlar la velocidad de combustión. La velocidad de combustión tiene un importante efecto sobre el número de inhalaciones que pueden ser obtenidos por el fumador, el humo y el rendimiento.

**Empleo de colillas de cigarrillo en materiales de construcción:** Como se mencionó anteriormente que las colillas de cigarrillo son residuos nocivos,

tanto para la salud como para el medio ambiente. Existen diversas iniciativas para mitigar el impacto ecológico que éstas causan. Tratar los residuos de cigarrillos es uno de los dilemas ambientales más difíciles del mundo debido al alto contenido de recursos tóxicos que contienen, metales como arsénico, cromo, níquel y cadmio (Cortez Camacho & Ponce Muñoz, 2019).

De acuerdo con (Mohajerani, 2016) “la basura de un hombre es el material de construcción de otro”, por ello se tuvo la idea de convertir las colillas de cigarrillos en materia prima para producir ladrillos ecológicos. Al respecto, Mohajerani señala que: “La incorporación de colillas en ladrillos puede efectivamente resolver un problema global de basura. Las colillas de cigarrillo recicladas se pueden colocar en los ladrillos, sin temor a la lixiviación o la contaminación. Ellos también son más baratos de producir, en términos de las necesidades energéticas, disminuyendo el coste energético a medida que más colillas se introducen en la producción”. Puede verse en la figura 2 que la apariencia física de estos ladrillos con colillas es muy similar a la de un ladrillo normal.



Figura 2. Ladrillos fabricados a partir de colillas de cigarrillo. Fuente: <http://www.archdaily.co/co/791421/investigadores-de-rmit>

**Concreto:** Un concreto es un material de construcción compuesto de partículas grandes formado por una matriz continua cementante que une a un agregado de partículas finas (agregado u árido fino o arena, y agregado o árido grueso). (Sánchez de Guzman, 1993).

Los materiales fabricados a partir de morteros y concretos de cemento Portland son atractivos para usarlos como material de construcción; porque ofrecen una buena relación costo/beneficio, son durables y tienen resistencia y rigidez adecuadas para usos estructurales. Adicionalmente, en estado fresco, son fácilmente moldeables, de manera que pueden adoptar formas tan caprichosas y complejas como se quiera (Lopez Roman & Mendoza Escobedo, 2016).

La incorporación de fibras en una mezcla de concreto es eficiente para mejorar el desempeño mecánico y la durabilidad del concreto de cemento portland en estado endurecido, al reducir y controlar la propagación de las microgrietas generadas por la retracción y permitir la redistribución de los esfuerzos internos que tienden a fisurar la matriz cementante (Robayo, Matthey, & Delvasto, 2013).

## METODOLOGÍA

Se llevó a cabo una campaña de recolección de colillas de cigarrillo con el apoyo de la Universidad Autónoma de Guerrero a través del departamento de UAGro Verde en restaurantes, bares, escuelas y parques de las ciudades de Chilpancingo y Acapulco, Guerrero, México. El proceso de experimentación se realizó en los laboratorios de suelos y de materiales de la Facultad de Ingeniería de la UAGro.

Se analizaron varios aspectos: La trabajabilidad o manejabilidad de la mezcla de concreto mediante la relación agua-cemento (A/C), se comparó la resistencia a compresión adquirida en los días 7, 14 y 28 días de un concreto normal y un concreto con las mismas características que el normal, pero adicionando con colillas de cigarrillo; también se evaluó la resistencia a la flexión del concreto a los 28 días, observando en todos los casos el esfuerzo a la ruptura, los tipos de fallas de las muestras en estudio y las diferentes eventualidades.

Para lograr los objetivos del desarrollo experimental, se llevaron a cabo dos diseños de mezclas de resistencia a la compresión a 28 días, 24,5 MPa (250 kg/cm<sup>2</sup>) y 29.4 MPa (300 kg/cm<sup>2</sup>). Una vez obtenidos los diseños de las mezclas, se adicionó 0.5%, 1% y 2% de colillas, también se realizó una mezcla de control sin adición de colillas.

La resistencia a la compresión del concreto se obtuvo a partir de especímenes cilíndricos elaborados, curados y ensayados de acuerdo con las normas ASTM C31 (ASTM C31 / C31M-21a, 2021), ASTM C192 (ASTM C192 / C192M-19, 2019) y ASTM C39 (ASTM C39 / C39M-21, 2021), respectivamente, para obtener las mezclas de control que se utilizarían a lo largo del trabajo experimental.

El trabajo experimental constó de varias etapas en las que se tomaron en cuenta; en primera instancia, las propiedades físicas de los materiales para determinar los parámetros para los diseños de las mezclas.

## PROCESAMIENTO DE LAS COLILLAS DE CIGARRILLO

**Recolección de las colillas.** Se realizó un sondeo para determinar los sitios en donde se fuma con mayor frecuencia en la ciudad de Chilpancingo, Guerrero; con ayuda del departamento de Ecología de la Universidad Autónoma de



Guerrero (UAGro) y siguiendo un protocolo de bioseguridad adecuado se distribuyeron recipientes plásticos en diversos bares y restaurantes de la ciudad. También se hizo una campaña de concientización y recolección en las redes sociales de la universidad (Facebook e Instagram) para recolectar las colillas de manera individual con los fumadores.

**Limpieza de colillas.** Se retiró el papel y adhesivo de las colillas de cigarrillo; luego se seleccionaron las colillas que estaban completas y se eliminaron las que estaban muy sucias o quemadas. En la figura 3 se observa el estado en el que se obtuvieron las colillas.



Figura 3. Diferentes colillas de cigarrillo con envoltorio. Fuente: Fotografía tomada en laboratorio

**Desmenuzamiento de colillas.** Las colillas de cigarrillo se desmenuzaron en filamentos más delgados de, aproximadamente, 0.5 a 1 mm de espesor. De cada colilla desmenuzada, se obtuvo un promedio de 16 porciones del diámetro mencionado. Es posible que se pudieran obtener filamentos aún más delgados, como los de la parte izquierda de la figura 4, pero estos no se consideraron como opción viable para este proyecto.



Figura 4. Filamentos obtenidos después de desmenuzar las colillas. Fuente: Fotografía tomada en laboratorio



**Caracterización de las colillas.** Para la caracterización de las colillas se consideraron los siguientes parámetros:

- a) Longitud y peso: Se midieron y pesaron diferentes colillas al azar, de las cuales se obtuvo una longitud y peso promedio (Tabla 1).

**Tabla 1**

*Características físicas de las colillas*

Medida promedio de colillas	
Completa	Desmenuzadas
25.6 mm	20.7 mm
Ancho de las colillas	
8.51 mm	
Peso promedio de las colillas	
0.178g	

Fuente: Elaboración propia

- b) Absorción y densidad: Para determinar la absorción y densidad de las colillas, ya que no hay un procedimiento estandarizado, se adaptaron las pruebas que se realizan en mecánica de suelos para determinar dichos parámetros (Figuras 5 y 6).



Figura 5. Pruebas de absorción y densidad en colillas. Fuente: Fotografía tomada en laboratorio

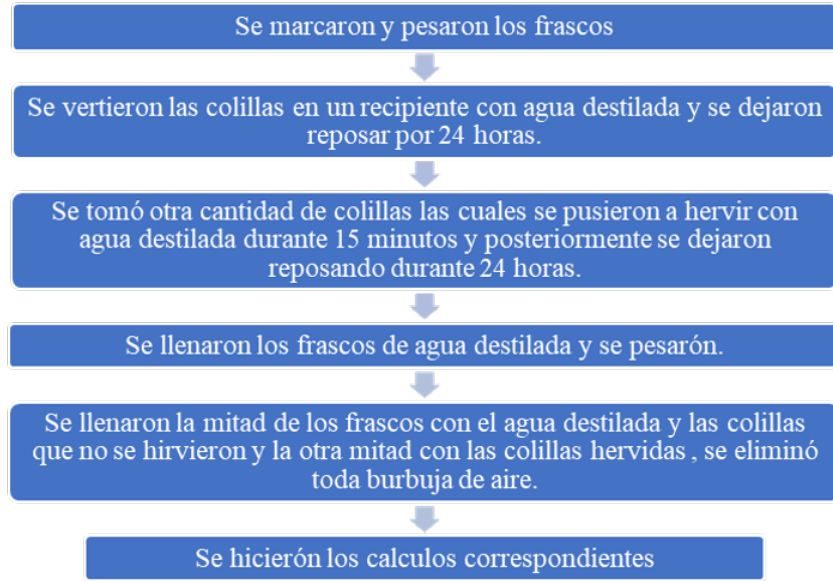


Figura 6. Procedimiento para obtener la absorción y densidad de las colillas. Fuente: Elaboración propia

**Diseño y elaboración de mezclas.** Se realizaron mezclas de concreto con un  $f'c$  a los 28 días de 29.4 y 24.5 MPa (250 kg/cm<sup>2</sup> y 300 kg/cm<sup>2</sup>), para comparar las propiedades mecánicas de un concreto normal con un concreto adicionado con colillas de cigarrillo en porcentajes de 0.5%, 1% y 2% (Cuadros 2 y 3). Se analizaron varios aspectos: La trabajabilidad o manejabilidad de la mezcla de concreto mediante la relación agua-cemento (A/C), la resistencia a compresión adquirida a 7, 14 y 28 días y la resistencia a la tensión del concreto a los 28 días, observando en todos los casos el esfuerzo a la ruptura, los tipos de fallas de las muestras en estudio y las diferentes eventualidades.

**Tabla 2**

Diseño de mezcla para  $f'c = 24.5 \text{ MPa}$  ( $250 \text{ kg/cm}^2$ ) y  $29.4 \text{ MPa}$  ( $300 \text{ kg/cm}^2$ ) por el método ACI

RESISTENCIA	29.4 MPa (300 kg/cm <sup>2</sup> )		24,5 MPa (250 kg/cm <sup>2</sup> )	
REV=10				
MATERIAL	1 M <sup>3</sup>	0.01445 M <sup>3</sup>	1 M <sup>3</sup>	0.01445 M <sup>3</sup>
CEMENTO	260	3.757344814	330	4.768937648
GRAVA	950	13.7287599	980	14.16229968
ARENA	925	13.36747674	810	11.70557423
AGUA	200	2.890265241	205	2.962521872
COLILLAS				
0.5%	11.675	0.168719233	11.625	0.167996667
1%	23.35	0.337438467	23.25	0.335993334
2%	46.7	0.674876934	46.5	0.671986669

Fuente: Elaboración propia

Durante el proceso de elaboración de mezclas, se determinaron algunos parámetros al concreto en estado fresco, de acuerdo con las normas ASTM, como revenimiento, masa unitaria y contenido de aire por el método de presión (Véase la figura 10).



Figura 7. Prueba de densidad y revenimiento al concreto. Fuente: Fotografía tomada en laboratorio

La resistencia a la compresión del concreto, se obtuvo a partir de especímenes cilíndricos elaborados, curados y ensayados a diferentes edades, de acuerdo con las normas ASTM C31 (ASTM C31 / C31M-21a, 2021), ASTM C192 (ASTM C192 / C192M-19, 2019) y ASTM C39 (ASTM C39 / C39M-21, 2021) (figura 8).



Figura 8. Cilindros con resistencia a la compresión de 24.5 MPa (250 kg/cm<sup>2</sup>).  
Fuente: Fotografía tomada en laboratorio

Para cada diseño de mezcla se ensayaron a compresión 12 probetas cilíndricas de 10 x 20 cm a 7, 14 y 28 días (ASTM C39 / C39M-21, 2021), a tensión se ensayaron 3 probetas cilíndricas de 15 x 30 cm a los 28 días (ASTM C496 / C496M - 17, 2017).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para determinar si el concreto adicionado con colillas de cigarrillo que se propone en este trabajo alcanza las condiciones mecánicas para ser empleado en la práctica, se realizaron varias pruebas para determinar las cantidades óptimas en cada diseño especificado. Se propuso un diseño de mezclas adicionadas con porcentajes del 0.5%, 1% y 2% de colillas y una mezcla de control para cada resistencia a la compresión propuesta, se evaluaron las propiedades en estado fresco de todas las mezclas elaboradas. A continuación se presentan los resultados obtenidos en los ensayos aplicados (Tabla 3).

**Tabla 3**  
Resultados de pruebas al concreto en estado fresco

$f'_c = 24.5 \text{ MPa (250 kg/cm}^2\text{)}$				
Característica	Revenimiento cm ( $10 \pm 2$ )	% de aire	Masa unitaria kg/m <sup>3</sup>	Temperatura
Mezcla				
$f'_c = 29.4 \text{ MPa 0.5\%}$	9	2.8	2789.21	29 °C
$f'_c = 29.4 \text{ MPa 1\%}$	8	3	2576.47	27 °C
$f'_c = 29.4 \text{ MPa 2\%}$	7	2.9	2657.65	28 °C
$f'_c = 29.4 \text{ MPa control}$	9.5	2.6	2697.96	34 °C
$f'_c = 29.4 \text{ MPa (300 kg/cm}^2\text{)}$				
$f'_c = 24.5 \text{ MPa 0.5\%}$	8	2.9	2700.21	28 °C
$f'_c = 24.5 \text{ MPa 1\%}$	7.5	3.1	2467.37	26 °C
$f'_c = 24.5 \text{ MPa 2\%}$	7	3	2595.59	28 °C
$f'_c = 24.5 \text{ MPa control}$	11	2.7	2689.96	33 °C

Fuente: Elaboración propia

**Resistencia a la compresión.** La resistencia a la compresión es la característica más importante a evaluar en el concreto, es uno de los parámetros que determinará si es viable emplear las colillas en el concreto sin afectar su resistencia, para ello se ensayaron especímenes cilíndricos de concreto en estado endurecido a las edades de 7, 14 y 28 días (tabla 4 y figuras 9 y 10)

**Tabla 4**  
Resultados de pruebas a compresión

Resultados de pruebas a compresión.				
$f'_c = 24.5 \text{ MPa (250 kg/cm}^2\text{)}$				
	Mezcla de control	M1= 0.5%	M2 = 1 %	M3= 2%
Días	0	0	0	0
7	14.04	14.99	15.52	14.65
14	22.26	19.95	19.01	21.57
28	24.03	20.78	19.00	20.01
$f'_c = 29.4 \text{ MPa (300 kg/cm}^2\text{)}$				
7	12.30	19.19	19.26	19.91
14	25.67	22.23	22.29	22.96
28	29.39	18.03	18.84	18.81

Fuente: Elaboración propia

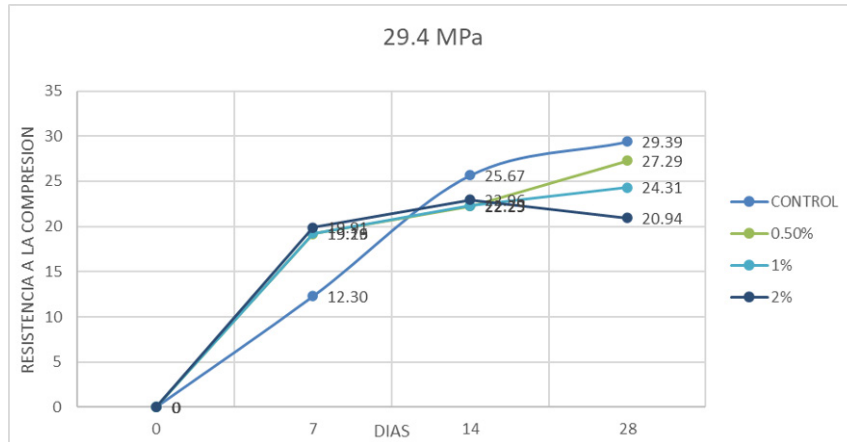


Figura 9. Gráfica comparativa de los resultados a compresión para el diseño  $f'c = 29.4$  MPa con diferentes porcentajes de colillas. Fuente: Elaboración propia

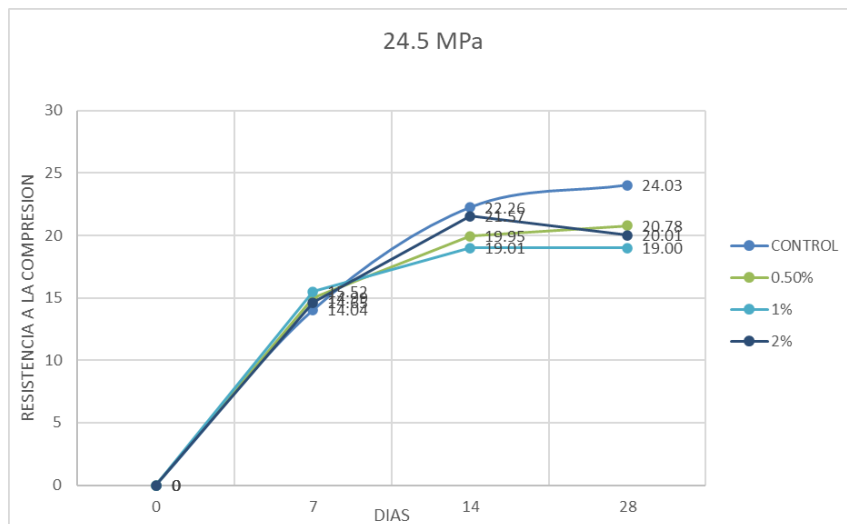


Figura 10. Gráfica comparativa de los resultados a compresión para el diseño  $f'c = 24.5$  MPa con diferentes porcentajes de colillas. Fuente: Elaboración propia

Los resultados experimentales de los especímenes ensayados muestran que la mezcla con adición del 2% de colillas tuvo un ascenso en su resistencia hasta los 14 días, y disminuyó considerablemente a los 28 días, esto se debe a que la presencia de las colillas en el concreto inhibió el proceso de calor de hidratación en el concreto, ya que al momento de ensayar estos cilindros se observó la presencia de humedad en el interior.

Con la comparación de los resultados obtenidos en las diferentes mezclas respecto a la resistencia del concreto los mejores resultados se obtuvieron con las mezclas al 5% de colillas.

En la figura 11 se presentan fotografías del proceso experimental. En la izquierda el cono se muestra en la prensa tras concluir la carga a compresión del espécimen. En la derecha la fotografía presenta la apariencia de una muestra fracturada del cilindro donde se observa la estructura del concreto conteniendo los filamentos del material que constituye las colillas de cigarrillo.



Figura 11. Cilindro sometido a compresión. Fuente: Fotografía tomada en laboratorio

**Resistencia a la tracción indirecta.** También conocida como prueba brasileña, es un ensayo utilizado para determinar la resistencia a la tracción del concreto, el cual consiste en aplicar una carga externa de compresión en una de las caras de la muestra, mientras que el extremo opuesto a la carga permanece apoyado. De esta forma se generan dos fuerzas diametralmente opuestas que producen una distribución uniforme de tracciones transversales a lo largo del eje de carga, causando la ruptura a tracción de la muestra (ASTM C31 / C31M-21a, 2021). Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 5.



**Tabla 5**  
*Resultados de pruebas a tensión*

Resistencia a la tracción indirecta		
Resultados de prueba a Tensión MPa		
Mezcla	Resistencia a Tensión MPa	% respecto a la resistencia a compresión
29.4 MPa 0.5%	2.63	8.93
29.4 MPa 1%	2.69	9.16
29.4 MPa 2%	2.61	8.89
29.4 MPa	2.75	8.88
24.5 MPa 0.5%	2.75	11.23
24.5 MPa 1%	2.72	11.12
24.5 MPa 2%	2.71	11.06
24.5 MPa	2.72	11.11

Fuente: Tabla obtenida a partir de los resultados de las pruebas a tensión del concreto

En la figura 12 se presenta una fotografía del proceso experimental a tensión del espécimen. La falla se muestra prácticamente horizontal, lo que exhibe un comportamiento experimental adecuado sin fallas locales producto de heterogeneidades del cilindro. Lo anterior evidencia que no existe una interferencia del material producto de las colillas adicionado al concreto con la generación de un producto y viable para el sector de la construcción.



Figura 12. Falla en prueba a la tracción. Fuente: Fotografía tomada en laboratorio

## CONCLUSIONES

Las características en estado fresco del concreto adicionado con colillas de cigarrillo son muy similares a las de un concreto en condiciones normales, se observa una pequeña disminución en la temperatura, lo que genera mayor tiempo de fraguado y a su vez una mezcla más manejable (Claros, 2020).

La incorporación de las colillas de cigarrillo en porcentajes de 2% disminuye la resistencia a la compresión después de los 14 días, la resistencia a la compresión más elevada se obtuvo con el concreto adicionado al 0.5% de colillas, en todas las mezclas se observó un pequeño incremento de la resistencia a la compresión a edades tempranas.

Cabe resaltar que la incorporación de las colillas al concreto no altera la resistencia a la tracción, ya que los porcentajes se encuentran dentro de los parámetros normales.

Las características en estado fresco y endurecido del concreto adicionado con colillas indican la posibilidad de emplearse en concretos no estructurales y abren una nueva alternativa para otros campos de aplicación del material en el sector de la construcción.

## REFERENCIAS

- ASTM C192 / C192M-19.** (2019). *Práctica estándar para fabricar y curar muestras de ensayo de concreto en el laboratorio*. West Conshohocken, PA: ASTM Internacional. doi:10.1520 / C0192\_C0192M-19
- ASTM C31 / C31M-21a.** (2021). *Práctica estándar para fabricar y curar probetas de ensayo de hormigón en el campo*. West Conshohocken, PA: ASTM Internacional. doi:10.1520 / C0031\_C0031M-21A
- ASTM C39 / C39M-21.** (2021). *Método de prueba estándar para resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de hormigón*. West Conshohocken, PA: ASTM Internacional. doi:10.1520 / C0039\_C0039M-21
- ASTM C496 / C496M - 17.** (2017). *Método de prueba estándar para Determinación de la resistencia a la tracción por compresión diametral de especímenes cilíndricos de hormigón*. West Conshohocken, PA. doi:10.1520 / C0496\_C0496M-17
- Cai , K., Gao, W., Yuan, Y., Gao, C., Zhao , H., Lin , Y., . . . Lei , B.** (2019). An improved in situ acetylation with dispersive liquid-liquid microextraction followed by gas chromatography-mass spectrometry for the sensitive determination of phenols in mainstream tobacco smoke. *Journal of chromatography, A*,1603, 401-406. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2019.05.007>
- Claros, E.** (2020). *360 en concreto*. Obtenido de 360 en concreto: <https://www.36oenconcreto.com/blog/detalle/categoria/normatividad/191cual-debe-ser-la-temperatura-maxima-del-concreto-fresco>
- Coke, A.** (19 de Mayo de 2017). *Obtenido de Alquitrán de hulla crudo Ficha de datos de seguridad (FDS)*. Obtenido de [http://www.drummondco.com/wp-content/uploads/ABC-SDSCrude-Coal-Tar\\_es.pdf](http://www.drummondco.com/wp-content/uploads/ABC-SDSCrude-Coal-Tar_es.pdf)
- Cortez Camacho, L. F., & Ponce Muñoz, D. E.** (2019). Impacto generado por colillas de cigarrillo en el medio ambiente a nivel mundial. *Boletín Informativo CEI*, 131-132. Obtenido de <http://editorial.umariana.edu.co/revistas/index.php/BoletinInformativoCEI/article/view/2140>
- Lincango, J., & Mancero , E.** (Junio de 2020). Cromatografía de gases en filtros ecológicos para cigarrillos y su biodegradabilidad. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informacion*, 30, 287 - 298. Obtenido de <https://www.proquest.com/openview/702bb032dbf1a264c7802fc586496c8d/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1006393>
- Lizano, A. G.** (2010). *Sistema para el adecuado desecho de colillas de cigarrillo*. Escuela de Ingeniería en Diseño Industrial. Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica. Obtenido de [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/2921/Informe\\_Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/2921/Informe_Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- López Roman, J., & Mendoza Escobedo, J.** (2016). ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS CORTAS DE ACERO Y

MACROFIBRAS DE POLIPROPILENO: INFLUENCIA DEL TIPO Y CONSUMO DE FIBRA ADICIONADO. *Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural*.

- Mohajerani, A.** (2016). *Estudio del comportamiento del ladrillo artesanal con la incorporación de filtro de cigarrillo en su composición*. Australia: Royal Melbourne Institute of Technology (RMIT) de Australia.
- Novotny, T.** (Noviembre de 2009). *Ocean Sentry*. Obtenido de <https://www.oceansentry.org/es/>
- Robayo, R., Matthey, P., & Delvasto, S.** (2013). Comportamiento mecánico de un concreto fluido adicionado con ceniza de cascarilla de arroz (CCA) y reforzado con fibras de acero. *Revista de la Construcción*, 139-151.
- Sánchez de Guzman, D.** (1993). *Tecnología del Concreto y del mortero*. Bogota: Bhandar Editores.
- UNE** (2015). Determinación de mentol en la corriente principal del. Madrid, España: AENOR. Obtenido de <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tunorma/norma/?c=N0053405>