

## ADHERENCIA DEL ACERO DE REFUERZO CON EL CONCRETO ESTRUCTURAL AL INCORPORAR ACEITE RESIDUAL COMO ADITIVO

MSc. Ing. Trino Baloa<sup>1</sup>, Ing. Carlos Arellano<sup>2</sup>, Ing. Juan De Abreu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad Central de Venezuela,  
*trino.baloa@ucv.ve*

<sup>2</sup>Ingeniero Civil, Universidad Central de Venezuela;

### RESUMEN

El presente trabajo tiene por objeto estudiar la adherencia del acero de refuerzo con el concreto estructural, al cual, se le incorpora Aceite Residual Automotriz (ARA) como aditivo químico. Para alcanzar el objetivo planteado se determinó la resistencia a la compresión en concretos con residuo en un intervalo de 0,00% a 0,80%, por peso del cemento. El valor óptimo de mejor resistencia a la compresión fue de 0,14%, el cual, fue utilizado para los estudios realizados en el concreto en estado endurecido siguiendo varios ensayos normativos, tales como resistencia a la compresión simple, flexión, ultrasonido, cambios bruscos de temperatura y la adherencia del acero con el concreto que contiene el ARA optimizado. Los resultados obtenidos indican que en el intervalo de 0,10 % a 0,30%, el concreto tiene una resistencia a la compresión mayor a la resistencia a la compresión del concreto de referencia. Al utilizar la dosis óptima de ARA se determinó que todos los ensayos realizados en este estudio son similares al concreto de referencia, a excepción de la resistencia a la compresión y a la adherencia del acero de refuerzo con el concreto estructural, ya que, ambas aumentan en un 8% y 6%, respectivamente. Por tanto, se concluye que el uso de ARA como aditivo en el concreto aumenta la adherencia de la barra de refuerzo con el concreto estructural hasta en un 6% utilizando la incorporación de 0,14% de ARA, por peso de cemento, en las mezclas de concreto.

**Palabras Clave:** aceite residual automotriz, adherencia, aditivo, barra de refuerzo, concreto estructural.

### 1. INTRODUCCIÓN

La construcción de obras civiles en concreto reforzado es muy utilizada a nivel mundial. Primero por la nobleza del concreto para ser manipulado y moldeado según convenga, segundo, la facilidad que tiene el ser humano de construir con este material. Respecto al uso de residuos, la industria de la construcción es una de las más útiles para reutilizar o en otras ocasiones eliminar pasivos ambientales que son generados por diferentes industrias. Los antecedentes que se han encontrado acerca del ARA son de mucha atención, ya que, este residuo afecta suelos fértiles, ríos, mares y hasta el aire, al ser utilizado como combustible propiciando un daño al medio ambiente. Tanto, que un litro del ARA contamina directamente a más de un millón de litros de agua potable.

El-Fadel et al (2001) describe las prácticas de gestión que se realiza a los residuos de los aceites provenientes de la industria petrolera del Líbano, identificando los posibles impactos ambientales adversos de no realizarse dichas prácticas. Asimismo, proponen estrategias para el manejo adecuado de residuos por parte de la sociedad incrementando la conciencia ambiental. Dentro de las estrategias se estudia como opción de gestión, la viabilidad económica del reciclaje de residuos de aceite. Abioye et al (2012) aplican la biorremediación como una tecnología alternativa verde para mejorar los suelos contaminados con hidrocarburos. Estos investigadores, bajo condiciones de laboratorio estudiaron por 84 días, 2 suelos contaminados en un 5% y 15% (peso/peso) de aceite lubricante usado, los cuales, fueron mezclados por separado con residuos de la agroindustria. Los residuos utilizados en esta investigación fueron la concha del plátano (CP), el compost de los champiñones (CC) y las cascarillas de los granos utilizados en la fabricación de la cerveza (CGC). Estos residuos fueron utilizados al 10% del peso total de los suelos contaminados. Al final de 84 días, el mayor porcentaje de biodegradación de aceite (92%) se registró en el suelo contaminado con 5% aceite lubricante usado y mezclado con CGC, mientras que sólo el 55% de la biodegradación del aceite se registró en el suelo contaminado con 15% lubricantes usados y mezclado con CGC.

Otros estudios a nivel mundial se han realizado respecto a la reutilización de residuos para la industria cementera y de la construcción. García et al (2006) indican que muchos residuos pueden ser empleados en tres fases diferentes del proceso productivo: en la preparación inicial, como correctores de las materias primas y/o como combustible alternativo, como adiciones activas al clinker Portland y como árido de reciclado en bases y sub bases de carreteras y en la fabricación de concreto. Frías et al (2013) manifiesta que el uso de materiales que son susceptibles de ser empleados como adiciones o aditivos, no sólo es una contribución parcial a la disminución del impacto ambiental y ahorro energético, sino que además pueden mejorar sus propiedades, tales como la resistencia y durabilidad en el concreto. En específico para esta investigación, el estudio del aceite de motor residual en el concreto es primordial. Bilal et al (2003) presentan resultados donde indican que el aceite de motor usado actuó como un agente que incorpora aire mejorando el asentamiento y la fluidez de la mezcla de concreto. Las reducciones en la resistencia a compresión del concreto debido a la incorporación de aceite no fue tan significativa como cuando se utilizó un aditivo incorporado de aire químico comercial. Santana et al (2011) presentan el estudio del aceite lubricante usado de motor incorporado en la mezcla de concreto en un intervalo de 1% al 20%, para varias resistencias a compresión (14, 18, 21, 25, 28 MPa) donde obtuvieron que el mejor comportamiento del aceite usado fue al 1%, alcanzando solo el 85% de la resistencia de control. En Malasia, Nasir et al (2011) presentan resultados de un estudio experimental acerca de los efectos de las propiedades en el concreto fresco y endurecido al incorporar aceite de motor residual, obteniendo un incremento en los asentamientos de la mezcla de concreto fresco entre un 18% y 38%, un contenido de aire ocluido entre 26% y 58%. Además, al estudiar la porosidad y permeabilidad del oxígeno en el concreto endurecido se obtiene una reducción de estas propiedades en concreto con aceite de motor residual manteniéndose similares las resistencias a la compresión con respecto a las mezclas de control.

## 2. EXPERIMENTAL

### 2.1. Materiales

**Aceite Residual Automotriz (ARA):** aceite usado del tipo monogrado para motores Diesel proveniente de la flota de camiones mezcladores de la Fábrica Nacional de Cemento, planta concretera San Antonio de El Valle, Caracas.

**Cemento Portland tipo I-R:** fue suministrado por la planta de la Fábrica Nacional de Cemento (FNC) de Ocumare del Tuy, Miranda.

**Áridos:** La arena es natural de río proveniente de la Arenera El Carmen. La piedra picada es proveniente de la cantera Cura.

**Barra de acero con resaltes (cabilla):** proveniente de la industria Siderúrgica del Turbio (SIDETUR) con denominación SV4S60, es decir, barra de acero de media pulgada, no soldable con una resistencia cedente de 4.200 kgf/cm<sup>2</sup>.

### 2.2. Dosificaciones

La resistencia a la compresión esperada a los 28 días ( $f'c$ ) es de 210 kgf/cm<sup>2</sup> y la dosificación empleada en las mezclas de concreto realizadas en esta investigación se obtuvo a partir de los diseños experimentales realizadas en el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) y compilados en la referencia Porrero *et al* (2012) combinado con García Balado (1964). Vale destacar que las cantidades están en kilogramos, siendo la cantidad de ARA obtenida a partir del producto del peso de cemento por el porcentaje en estudio. La tabla 1 presenta la dosis de los componentes utilizados para elaboración del concreto.

Tabla 1. Dosis de los componentes para concreto  $f'c=210$  kgf/cm<sup>2</sup>.

Fuente: Elaboración propia.

Componente ARA	ARA (kg)	Agua (kg)	Cemento (kg)	Arena (kg)	Piedra picada (kg)
0,00%	0,000	167	329	1.100	800
0,13%	0,428				
0,31%	1,020				
0,48%	1,579				
0,66%	2,171				
0,79%	2,599				

### 2.3. Mezclado, moldeo y curado

El concreto en el laboratorio se obtuvo utilizando una mezcladora de eje variable con capacidad de 150 litros. En principio, se agregan al equipo los áridos que se mezclan por un minuto, luego se agrega el cemento dejando mezclar 30 segundos para agregar el agua con y sin aditivo, para un tiempo total de 3 minutos.

Las probetas de concreto cilíndricas “pequeñas” de 10cm x 20cm (diámetro x altura) son utilizadas para la compresión simple, luego se aplica un factor de corrección por tamaño de probetas de 0,98 para correlacionar valores con probetas cilíndricas normativas (15cmx30cm). Vale resaltar que este factor lo obtuvo Ramos G. (2007) a partir de la elaboración de un mínimo 30 mezclas con 3 réplicas por mezcla y ensayadas a compresión a 3 edades (7 días, 14 días y 28 días). Los ensayos a tracción indirecta, cambios bruscos de temperatura, ultrasonido, absorción y el de adherencia del acero con el concreto se utilizan probetas de concreto cilíndricas “grandes” de 15cm x 30cm (diámetro x altura), mientras que para el ensayo a tracción se utilizan probetas prismáticas de sección transversal de 15 cm x 15 cm y longitud de 45 cm, siguiendo las normativas venezolanas para la elaboración de probetas, tales como COVENIN 338-2002, COVENIN 343-2002. El curado de las probetas se llevó a cabo una vez pasadas las 24 horas de endurecimiento de las probetas, las cuales, son retiradas de la piscina de curado 1 hora antes de la edad fijada para el ensayo específico.

### 3. ENSAYOS A ESPECÍMENES

En principio, se realizan ensayos de caracterización física del ARA y de un mismo tipo de aceite pero sin usar (Maxidiesel plus SAE 50). Específicamente, se aplicaron métodos para la determinación de la densidad relativa, punto de inflamación, contenido de agua y de sólidos, número base y número ácido. Todos estos ensayos bajo las consideraciones de las normas ASTM que se indican en la tabla 2.

Tabla 2. Normativas para caracterizar el ARA. Fuente: Barragán *et al* (2000)<sup>1</sup>

<b>ASTM D 2896-07a</b>	Standard Test Method for Base Number of Petroleum Products by Potentiometric Perchloric Acid Titration.
<b>ASTM D 974-14e1</b>	Standard Test Method for Acid and Base Number by Color-Indicator Titration.
<b>ASTM D 56</b>	Standard Test Method for Flash Point by Tag Closed Cup Tester.
<b>ASTM D 1298</b>	Standard Test Method for Density, Relative Density, or API Gravity of Crude Petroleum and Liquid Petroleum Products by Hydrometer Method.
<b>ASTM D 95</b>	Standard Test Method for Water in Petroleum Products and Bituminous Materials by Distillation.

Posteriormente, se inició el mezclado de 3 réplicas por cada una de las 3 mezclas realizadas para las edades de 7 días, 14 días y 28 días. Cabe resaltar que estas mezclas cumplieron con

<sup>1</sup>Ver página 32, Pruebas Físico-químicas aplicadas a a.l.u.

las dosificaciones presentadas en la Tabla 1 (incorporación de ARA por peso de cemento en 0,00%; 0,13%; 0,31%; 0,48%; 0,66% y 0,79%). Luego, con dichos resultados se desarrolla una gráfica de resistencia contra porcentaje de ARA, la cual, permitirá determinar el porcentaje óptimo de ARA a ser incorporado en las mezclas de concreto. Los ensayos realizados junto a la metodología que guió el estudio, están contenidos en las normativas vigentes, las cuales se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Normativas venezolanas o similares que rigen ensayos realizados en este estudio.  
Fuente: elaboración propia.

Norma venezolana o similar	Título de la normativa
FONDONORMA 316:2005	Concreto. Barras y rollos de acero con resaltes para uso como refuerzo estructural.
COVENIN 338:2002	Concreto. Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto.
COVENIN 342:2004	Concreto. Determinación de la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas. Cargas en los extremos del tercio central.
COVENIN 1667:80	Concreto. Método de ensayo para la determinación de valores comparativos de la adherencia desarrollada entre el concreto y el acero usado como refuerzo (método de extracción)
COVENIN 1681:1980	Concreto. Método de ensayo para determinar la velocidad de propagación de ondas en el concreto.
Propuesta de norma realizada por el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales, UCV.	Proyecto de norma COVENIN. Cambios bruscos de temperatura en probetas cilíndricas de concreto.

En el caso de la metodología del proyecto de Norma COVENIN. “Cambios bruscos de temperatura en probetas cilíndricas de concreto” se indica el procedimiento por no contar con la normativa oficial.

Para este ensayo se elaboran un mínimo 3 probetas cilíndricas “pequeñas” de concreto por cada dosificación a ser estudiada. Para este estudio se elaboraron 9 probetas de control y 9 probetas con el porcentaje óptimo de ARA, de las cuales, 6 probetas fueron dispuestas por 30 días en la piscina de curado (aprox. 20°C) y las 12 probetas restantes fueron dispuestas en piscina de curado por 28 días. Transcurrida este tiempo, se extrajeron 6 probetas (3 probetas de control y 3 probetas con porcentaje óptimo de ARA) de la piscina de curado e inmediatamente se introducen en un horno a temperatura 105°C ± 5°C por 24 horas, y en simultáneo otras 6 probetas (similares en dosificación a las 6 probetas anteriores) se introdujeron en un refrigerador a 5°C ± 1°C por 24 horas. Una vez cumplidas las 24 horas, se retiraron las probetas de ambos ambientes (horno y refrigerador) y se colocaron nuevamente en la piscina de curado por 24 horas. Después de transcurrido este tiempo, se extrajeron las 18 probetas inicialmente elaboradas y se dejaron secar a temperatura del ambiente tropical (aproximadamente 23°C) durante 30 minutos. Luego, se observó detalladamente la existencia de posibles grietas en la superficie de las probetas, cambio de

color, de masa o cualquier otra característica física apreciable. Por último, una vez realizado el estudio organoléptico, se sometieron todas las probetas a compresión simple para determinar la resistencia y analizar el comportamiento resultante del cambio brusco de temperatura a las que fue sometido el concreto.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Caracterización física del Aceite Residual Automotriz (ARA)

Para la caracterización física del ARA y el aceite sin usar se aplicaron los 5 ensayos según normativas presentadas en la Tabla 2. Los resultados obtenidos indican que hubo cambios significativos en el ARA al ser comparado con el lubricante sin usar, tal como se presenta a continuación en la Tabla 4.

Tabla 4. Resultados de caracterización física del ARA y el lubricante sin usar.

Fuente: Elaboración propia.

<i>Ensayo</i>	<i>Aceite Residual Automotriz</i>	<i>Aceite sin usar o virgen</i>
Número Base (mg).ASTM D 2896-07a	11,3 ± 0,2	6,5 ± 0,8
Número Ácido (mg).ASTM D 974-14e1	0,30 ± 0,10	2,12 ± 0,01
Contenido de agua (%).ASTM D 95	0,41 ± 0,01	0,05 ± 0,01
Densidad (gr/cm <sup>3</sup> ).ASTM D 1298	0,882 ± 0,001	0,897 ± 0,003
Punto de inflamación (°C).ASTM D 56	218 ± 10	225 ± 8

Vale destacar que tanto la alcalinidad del ARA como el contenido de agua aumentan en un 75% y 720%, respectivamente. Al mismo tiempo, la acidez, la densidad y el punto de inflamación disminuyen en un 86,00%; 1,67% y 3,11%, respectivamente.

### 4.2. Estado endurecido del concreto

#### 4.2.1. Resistencia a la compresión para obtener dosis óptima de ARA.

Siguiendo las consideraciones de la Norma venezolana COVENIN 338:2002, en la Figura 1 se presenta una gráfica con los resultados de la resistencia a compresión alcanzada a las diferentes edades de las probetas de concreto que fueron ensayadas. En esta se observa que el concreto estructural, al cual le fue incorporado ARA en proporciones de 0,13% y 0,31%, alcanzan resistencias a compresión por encima de la resistencia del concreto de referencia, en las 3 edades estudiadas (7 días, 14 días y 28 días).

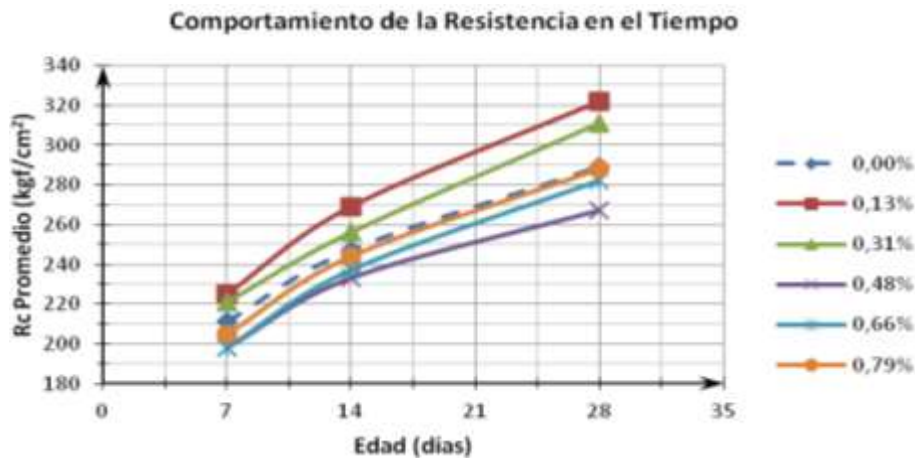


Figura 1. Resistencias a compresión de acuerdo a la dosificación y edad de las probetas.  
Fuente: Elaboración propia.

De los valores de resistencia obtenidos a la edad de 28 días junto con las dosificaciones de ARA incorporado en el concreto (ver Tabla 5), se presenta a continuación la Figura 2, con la cual, es posible determinar un valor óptimo de dosificación de ARA a ser incorporada en la mezcla de concreto para obtener la mayor resistencia a la compresión.

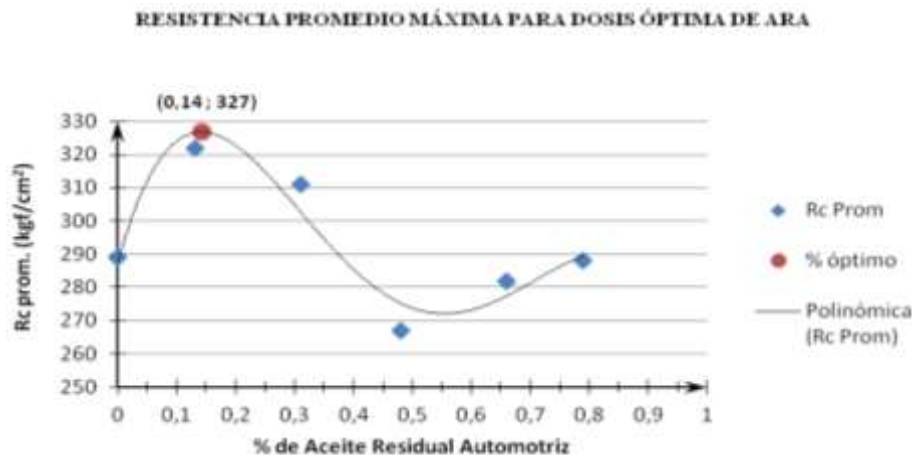


Figura 2. Resistencias a compresión de acuerdo a la dosificación y edad de las probetas.  
Fuente: Elaboración propia.

De la Figura 2 se obtiene que la dosis óptima de aceite residual a ser incorporado en la mezcla de concreto es de 0,14% por peso de cemento, para alcanzar una resistencia máxima de 327 kgf/cm<sup>2</sup>, siendo esta dosis la empleada para realizar los ensayos al concreto endurecido, tales como resistencia a la compresión, módulo de rotura a la flexión, determinación de pulso ultrasónico en el concreto, cambios bruscos de temperatura y la adherencia entre el acero de refuerzo con el concreto estructural.

#### 4.2. 2. Resistencia a la compresión (Control y dosis óptima de ARA)

Siguiendo las consideraciones de la Norma venezolana COVENIN 338:2002, se obtuvieron valores de resistencia a la compresión de la mezcla control (Patrón) y de mezcla con 0,14% de ARA por peso de cemento. La Figura 3 presenta los resultados obtenidos a los 7 días, 14 días y 28 días cuyas resistencias alcanzan.

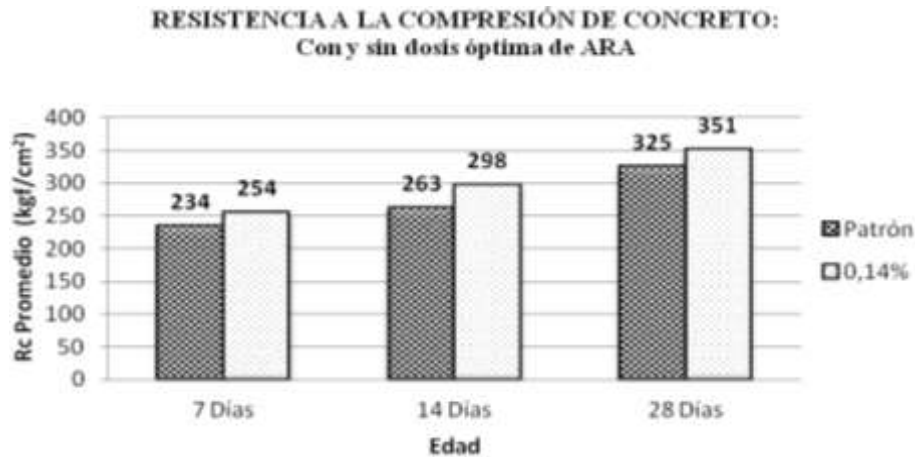


Figura 3. Resistencia a la compresión de concreto con y sin dosis óptima de ARA. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.3. Resistencia a la flexión

Siguiendo las consideraciones de la Norma venezolana COVENIN 342:2004, se obtuvieron valores promedios del módulo de rotura de la muestra del concreto de referencia y del concreto con la dosis óptima de ARA. En la Figura 4 se presenta los valores donde se presenta que el módulo de rotura del concreto de referencia es de 3,6%.

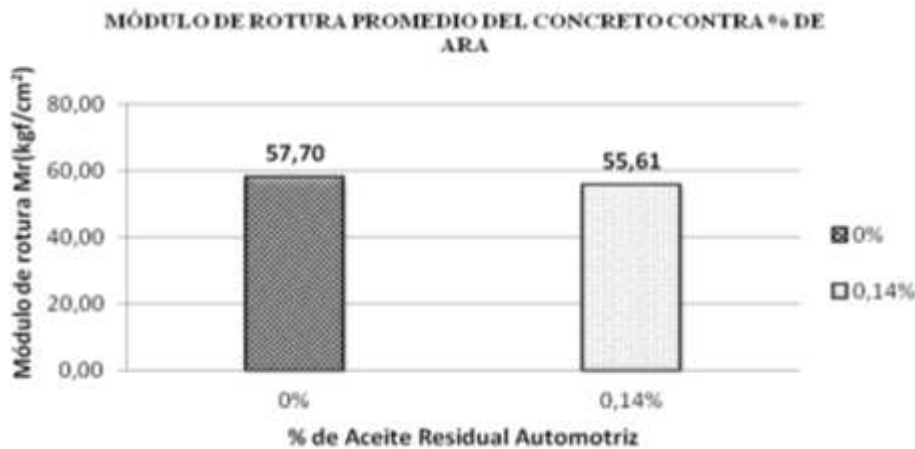


Figura 4. Módulo de rotura del concreto de referencia y del concreto con la dosis óptima de ARA. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.4. Velocidad de pulso ultrasónico

Siguiendo las consideraciones de la Norma venezolana COVENIN 1681:1980, se obtuvieron valores iguales en las velocidades promedios para ambos concretos en estudio,



lo que indica que el ARA no afecta la homogeneidad del concreto. En la Figura 5 se presentan las velocidades de pulso ultrasónico que alcanzan los 4,12 km/s, siendo este valor excelente para cualquier concreto.



Figura 5. Velocidad promedio de pulso ultrasónico en probetas de concreto con y sin ARA. Fuente: Elaboración propia.

4.2.5. Cambios bruscos de temperatura

Los resultados obtenidos en este ensayo arrojaron que el concreto expuesto a temperatura de 5°C por 24 horas posee menos resistencia a la compresión que las probetas expuestas a temperatura de 105°C por 24 horas, y a su vez, éstas tienen menor resistencia que las probetas de concreto control que se mantuvieron en la piscina de curado a temperatura de 20°C. Vale resaltar que este comportamiento se cumple para ambas dosificaciones, sin embargo, en cada estado térmico estudiado (5°C y 105°C) las probetas de concreto con ARA alcanzaron mejores resistencias que las probetas de concreto control expuestas a dichas temperaturas.

En la Tabla 6, se presentan las resistencias alcanzadas por el concreto con ARA y el control, para los estados térmicos utilizados.

Tabla 6. Resistencias a compresión de probetas de concreto a diferentes estados térmicos. Fuente: Elaboración propia.

	Resistencia debido a cambios bruscos de temperatura en concreto (kgf/cm <sup>2</sup> )		
	5°C	20°C	105°C
Concreto de control	258	325	279
Concreto con 0,14% ARA	272	351	347

En la Figura 6, se presenta una gráfica en donde se puede constatar que los cambios térmicos afectan tanto a las probetas de concreto de referencia como a las probetas de concreto que les fue incorporado el 0,14% de ARA por peso de cemento.

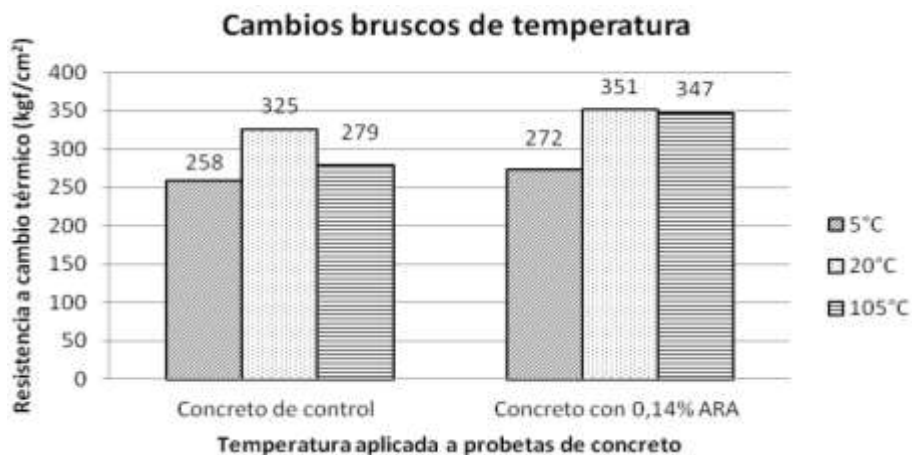


Figura 6. Cambio brusco de temperatura en concreto de control y con incorporación de ARA óptimo. Fuente: Elaboración propia.

### 4.3. Adherencia del acero de refuerzo y el concreto estructural

Los resultados obtenidos de la adherencia del acero de refuerzo con el concreto estructural, resultan por demás interesantes, ya que, de 3 mezclas se obtuvieron 12 probetas según lo especificado en Norma venezolana 1667:80, por cada dosificación (control y óptimo). En la Figura 7 se presentan 2 fotografías, la primera donde se están preparando las probetas de concreto con las barras de acero y, la segunda en el momento del ensayo de adherencia del acero de refuerzo con el concreto estructural, en la cual, también se observa el aparato de medida del deslizamiento.



Figura 7. Fotografías a) Elaboración de probetas de adherencia; b) Ensayo de adherencia. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 8 presenta los resultados de resistencias promedio obtenidas para deslizar 0,10 mm la barra de refuerzo adherido en el concreto estructural para ambas dosificaciones. Estos valores indican que la resistencia a la adherencia del concreto estructural con porcentaje óptimo de aceite (0,14% por peso de cemento) es superior en un 6% respecto a la resistencia a la adherencia control. También se incluyen los valores con la suma y resta de la desviación estándar al valor promedio de la resistencia.

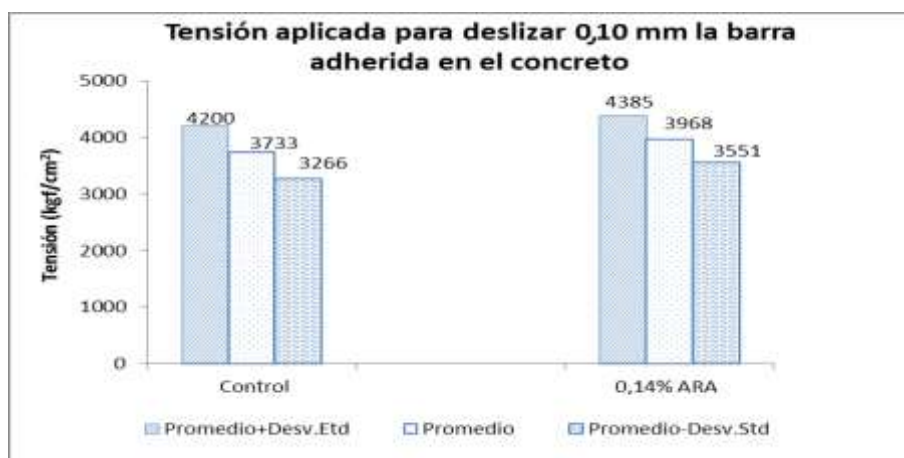


Figura 8. Tensión aplicada para deslizar 0,10 mm la barra adherida en el concreto con y sin ARA. Fuente: Elaboración propia.

La variabilidad o coeficiente de variación de los resultados obtenidos para las resistencias a la adherencia del acero de refuerzo con el concreto estructural, tanto la dosificación de control como óptima son de 12,5% y 10,5%, respectivamente.

Cabe resaltar que los resultados demuestran la factibilidad del uso del ARA como aditivo en mezclas de concreto estructural de 210 kgf/cm<sup>2</sup>, sin afectar la adherencia del acero del refuerzo con el concreto estructural

## 5. CONCLUSIONES

El estudio del Aceite Residual Automotriz (ARA) usado como aditivo químico en el concreto estructural para mejorar la adherencia del acero de refuerzo, arrojó que es factible su uso debido a que los resultados obtenidos en los ensayos normativos realizados fueron aceptables. Se concluye que:

- La incorporación de ARA, por peso de cemento en el intervalo de 0,10 % a 0,30% de incorporación de ARA, el concreto tiene una resistencia a la compresión mayor a la resistencia a la compresión del concreto de referencia.
- Del intervalo anterior, se determinó un porcentaje óptimo de incorporación de ARA en las mezclas de concreto de 0,14%, por peso de cemento, que al ser incorporado en la mezcla de concreto resultó un aumento en la resistencia a la compresión de un 8% respecto a la compresión del concreto de referencia.

- El módulo de rotura del concreto con ARA al 0,14% fue 3,6% menor que el módulo de rotura del concreto de referencia.
- La velocidad de pulso ultrasónico fue similar para ambos concretos (con y sin ARA óptimo), por tanto, no se ve afectada la homogeneidad del concreto.
- En cada estado térmico estudiado (5°C y 105°C) las probetas de concreto con ARA (0,14%) fueron más resistentes que las probetas de concreto control expuestas a dichas temperaturas.
- La resistencia a la adherencia del acero de refuerzo con el concreto estructural incorporando el porcentaje óptimo de aceite (0,14% por peso de cemento) es superior en un 6% respecto a la resistencia a la adherencia control para un concreto estructural de 210 kgf/cm<sup>2</sup>.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a la planta mezcladora de concreto perteneciente a la Fábrica Nacional de Cemento ubicada en San Antonio de El Valle, Caracas. Al equipo de valorización de residuos, en particular, a la Sra. Henley Pinto por el apoyo en la unificación del formato de este artículo. Asimismo, al financiamiento realizado por el FONACIT en el marco del proyecto de investigación N° 2011001245.

### REFERENCIAS

Abioye O., Agamuthu A., Abdul R. (2012). *Biodegradation of Used Motor Oil in Soil Using Organic Waste Amendments*. Biotechnology Research International Volume 2012, Article ID 587041, 8 pages.

Barragán M., Bohórquez G. (2000). *Estudio de factibilidad técnica y económica para la instalación de una planta de regeneración de lubricantes automotores en el Área Metropolitana*. Trabajo Especial de Grado, Escuela de Procesos Químicos, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. Páginas 336.

Bilal S Hamad, Ahmad A Rteil. (2003). *Effect of used engine oil on structural behavior of reinforced concrete elements*. Construction. Volume, Pages 203–211

El-Fadel M. & Khoury R. (2001). *Strategies for vehicle waste-oil management: a case study*. Resources, Conservation and Recycling, Volume 33, Issue 2, September 2001, Pages 75–91

Frias M., De La Villa R., García R., Sánchez M., Baloa T. (2013). *Mineralogical Evolution of Kaolin-Based Drinking Water Treatment Waste for Use as Pozzolanic Material. The Effect of Activation Temperature*. J. Am. Ceram. Soc., 1–8 (2013). DOI: 10.1111/jace.12521

García Balado, J. (1964). *Método para la Dosificación de Hormigones*. Instituto del Cemento Pórtland Argentino, Publicación Técnica N° 42.

García M., Sánchez M., Frías M., Mújika R. (2006) *Comportamiento científico técnico de los cementos portland elaborados con catalizadores FCC*. Monografías del IETcc, N° 412, Madrid-España, 46 páginas.

Nasir S, MuhdFadhilNuruddin,Salmia B. (2011). *Propierties of concrete containing used engine oil. International Journal of Susttainable Construction Engineering & Technology, Vol 2, Issue 1.*

Porrero J., Ramos C., Gráses J. Velazco G. (2012). *Manual del concreto estructural*. Editorial SIDETUR. Cuarta edición. Caracas, Venezuela.

Ramos G. (2007). *Propuesta para determinar el comportamiento a la compresión en probetas cilíndricas de 10 cm \* 20 cm y 15 cm \* 30 cm usadas para ensayos de resistencia a la compresión de concreto*. (Trabajo Especial de Grado) Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño, Caracas.

Santana R., González N. (2011) *Evaluación del uso delubricantes residuales de laindustria automotriz como componente en las mezclas deconcreto*. (Trabajo Especial de Grado)Universidad Central de Venezuela, Caracas.