

# Evaluation of the development of the Compressive Strength of Concrete applying the Admixture superplasticizer PSP NLS, for age older than 28 days.

A. Fernández<sup>a</sup>, J. Morales<sup>a</sup>, F. Soto<sup>\*,b</sup>

<sup>a</sup>Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Venezuela.

<sup>b</sup>Departamento de Estructuras, Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Venezuela.

---

## Abstract.-

In the following investigation the resistance of concrete specimens were studied, using the superplasticizer additive PSP NLS, since in some cases concrete tested in the laboratory of the University, the expected 28-day value was not obtained, whereas in tests nondestructive made 60 days in situ, if achieved, and hypothesized that this effect may be related to excess dosing of the additive it arises.

The methodology is a standard laboratory, which involves making comparison of a standard mixture, without the additive, with the additive mixtures dosed according to the manufacturer with 1.7 % by weight of cement and an excess to 2, 1 %; to check for variations in resistance occurs. It was found that with the use of superplasticizer additive PSP NLS, no decreases resistances occur, but if the setting process is delayed mixtures.

**Keywords:** concrete; additive; superplasticizer; resistance.

## Evaluación del comportamiento de la resistencia a compresión del concreto con la aplicación del aditivo superplastificante PSP NLS, para edades mayores que 28 días.

### Resumen.-

En la siguiente investigación se estudió la resistencia de probetas de concreto, usando el aditivo superplastificante PSP NLS, dado que en algunos casos de concreto ensayado en el laboratorio de la Universidad, no se obtuvo el valor esperado a los 28 días, mientras que en pruebas no destructivas realizadas a 60 días in situ, si lo alcanzan, y se plantea la hipótesis de que este efecto puede relacionarse con el exceso en la dosificación del aditivo.

La Metodología empleada es un estándar del laboratorio, que consiste en realizar la comparación de una mezcla patrón, sin el aditivo, con mezclas dosificadas con el aditivo de acuerdo al fabricante con 1,7 % del peso del cemento y con un exceso al 2,1 %; para verificar si produce variaciones en la resistencia. Se pudo comprobar que con la utilización del aditivo superplastificante PSP NLS, no se producen disminuciones de las resistencias, pero si se retarda el proceso de fraguado de las mezclas.

**Palabras clave:** concreto; aditivo; superplastificante; resistencia.

Recibido: Febrero 2016

Aceptado: Julio 2016

### 1. Introducción

La variable más importante a controlar en la fabricación del concreto es su resistencia a la compresión [1], que se realiza tomando probetas estándar según la norma COVENIN 338-2002 [2], y se ensayan a la edad establecida en el proyecto,

---

\* Autor para correspondencia

Correo-e: fjsoto@uc.edu.ve (F. Soto)

que según la norma COVENIN 1753-87 [3] es de 28 días, a menos que se especifique otra edad.

Esta resistencia depende de muchos factores como lo son la calidad de los agregados, las condiciones de elaboración de la mezcla, el asentamiento, la temperatura de fraguado, y las condiciones propias del ensayo, entre otras, así como la inclusión de aditivos que producen variaciones en algunas de sus propiedades.

Estos aditivos son utilizados para mejorar propiedades del concreto fresco o fraguado como lo son un mayor asentamiento, con reducción del agua, mayores resistencias en edades tempranas o reducción de la porosidad y peso específico del mismo.

Debido a que el concreto en estado fresco empieza el proceso de fraguado o endurecimiento a medida que reacciona el agua de la mezcla con el cemento, se produce un alto calor de hidratación que puede ocasionar una rápida evaporación del agua de mezclado y una reducción del asentamiento necesario para colocarlo en los moldes, por lo que se recurre a Aditivos que mantienen esa trabajabilidad sin que deban producir modificaciones en las resistencias del mismo.

Uno de los aditivos más utilizados por las empresas de concreto premezclado es el aditivo superplastificante PSP NLS, que de acuerdo a sus especificaciones es a base de resinas de naftaleno, libre de cloruros, de color marrón, que cuando se añade al concreto aumenta significativamente la trabajabilidad, con reducción del agua de mezclado, por lo que es capaz de proporcionar grandes aumentos de resistencias a edades tempranas.

Cualquiera que sea la naturaleza de los aditivos, orgánicos (resinas) o inorgánicos, estos son diseñados para trabajar en conjunto con las partículas de cemento, y según sea su propósito, procurar una mejor utilización de los materiales, reduciendo la dosificación de cemento o agua y logrando alcanzar de una manera más acelerada sus propiedades mecánicas y proporcionando mayor durabilidad en la obra.

Sin embargo, en algunos casos de obras controladas por el Laboratorio de Materiales y Ensayos de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad

de Carabobo no se han obtenido las resistencias esperadas a los 28 días, para concretos con la inclusión de este tipo de aditivos, pero ensayos posteriores, a los 45 y 60 días, muestran que las resistencias se alcanzan y superan, pero ocasionando una duda razonable en el Ingeniero Inspector, para la edad establecida en la norma ya mencionada.

En base a estas consideraciones se planteó realizar esta investigación para determinar, en primer lugar, si la dosificación en exceso del aditivo por parte del personal de planta es la responsable de que las resistencias se alcancen a edades posteriores a los 28 días [4].

## 2. Desarrollo de la investigación

### 2.1. Metodología de la Investigación

Para el desarrollo de la investigación se trabajó con el modelo Estándar del Laboratorio de Materiales y Ensayos de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Carabobo, que consiste en realizar mezclas sin la inclusión del aditivo, llamadas mezclas patrón, y luego mezclas con la inclusión del mismo para la dosificación establecida por el fabricante y superior a la misma, de manera de comparar el efecto que causa el aditivo en la resistencia del concreto [5].

Así, se elaboraron mezclas con diferentes resistencias de diseño ( $R1:250\text{Kg}/\text{cm}^2$  y  $R2:280\text{Kg}/\text{cm}^2$ ) [6], para poder obtener un resultado comparativo entre las muestras de la misma especie, de esta forma se puede caracterizar de manera independiente, la resistencia del concreto debido a la influencia de la cantidad de aditivo Superplastificante PSP NLS, con respecto a las características originales del concreto, obtenidas a través de los ensayos realizados a la muestra patrón.

### 2.2. Tamaño de la muestra

De acuerdo a la norma COVENIN 356-1994 [7], el mínimo número de edades a ensayar son 5, pero debido a que normalmente se realizan ensayos a 7 y 28 días, y sólo se quiere conocer como varía la resistencia en función de la dosis de aditivo para edades de 28 días y mayores, los ensayos se realizaron a edades de 7, 28, 45 y 60 días,

considerando 2 cilindros por edad, para un total de ocho cilindros por cada mezcla, respetando el valor mínimo exigido por la norma COVENIN 338-2002 [2], tomando los resultados de 7 días como parámetro de control.

### 2.3. Selección de materiales

Se procedió a determinar la cantidad de agregados para realizar toda la investigación y seleccionarlo por muestreo según la norma COVENIN 270:1998 [8] y manual de Porrero [9], ya que la variación de uno de ellos invalidaría los resultados.

Entonces el material granular, conformado por la Piedra es proveniente de Río Acarigua, de tamaño máximo 1", y la Arena proveniente de la Empresa Materiales del Centro C.A. (MA-CENCA), ubicado en el Estado Cojedes, y se les realizaron los ensayos para caracterizarlos de acuerdo a las normas.

Los resultados de los ensayos de los agregados se muestran en la Tabla 1 y Tabla 2, el cálculo de absorción y humedad se realizó de acuerdo a las normas COVENIN 269:1998 [10] y COVENIN 268:1998 [11] respectivamente.

Tabla 1: Características físicas de agregado grueso.

Agregado grueso	
Peso específico	2660 ( $kg/m^3$ )
Peso unitario suelto	1470,28 ( $kg/m^3$ )
Peso unitario compacto	1630 ( $kg/m^3$ )
Absorción	0,51 %
Humedad	0 %
Tamaño máximo	1"

Tabla 2: Características físicas de agregado fino.

Agregado fino	
Peso específico	2540 ( $kg/m^3$ )
Peso unitario suelto	1455,78 ( $kg/m^3$ )
Peso unitario compacto	1692,02 ( $kg/m^3$ )
Absorción	1,01 %
Humedad	0 %
Modulo de finura	3,10

De igual manera, el cemento seleccionado es el producido por la Empresa INVECEM C.A., del tipo CPCA2 (uso general) y el aditivo empleado

será el PSP NLS, del tipo Superplastificante, reductor de agua, comercializado por la empresa TECNOCONCRET C.A, a estos materiales no se les realizó caracterización por provenir de empresas que establecen su calidad.

### 2.4. Diseño de mezcla resultante

En función a la metodología del Comité Conjunto del Concreto Armado se procede a determinar la cantidad de material necesario para un metro cúbico y luego por extrapolación de determina la cantidad necesaria para llenar la cantidad de cilindros en función a la capacidad de la mezcladora del Laboratorio, que es de 70 lts., y no debe ser usada a menos del 70 % de su capacidad, por lo que se llenaron 9 cilindros para cada Resistencia.

Se establecieron los siguientes parámetros para evitar la influencia de otras propiedades que no fuera la dosificación del aditivo.

- Las resistencias de diseño de estudio serán  $250kg/cm^2$  y  $280kg/cm^2$ .
- Las edades de desarrollo de la resistencia a compresión del concreto será 7 días (referencial), 28 días, 45 días y 60 días.
- La trabajabilidad o asentamiento de estudio será de seis pulgadas (6") o 15,24cm, con una desviación estándar de 1" (2,54cm).

Los diseños de mezcla obtenidos se muestran en la Tabla 3 y Tabla 4.

Tabla 3: Diseño de mezcla resultante para  $R_c$ :  $250kgf/cm^2$ .

Material	Cantidad para $1m^3$	Cantidad para 9 cilindros.
Arena (Kg)	762,48	36,38
Piedra (Kg)	854,09	40,75
Cemento (Kg)	453,63	21,64
Agua (lts)	236,02	11,26

### 2.5. Reducción de agua

Como se trata de un Aditivo superplastificante se debe reducir la cantidad de agua de mezclado en función a las recomendaciones del fabricante, dando como resultado los siguientes valores finales del agua de la mezcla ver Tabla5.

Tabla 4: Diseño de mezcla resultante para  $R_c: 280\text{kgf}/\text{cm}^2$ .

Material	Cantidad para $1\text{m}^3$	Cantidad para 9 cilindros.
Arena (Kg)	738,75	36,83
Piedra (Kg)	823,41	41,26
Cemento (Kg)	510,28	25,70
Agua (lts)	230,12	12,17

Tabla 5: Valor de Reducción de Agua en las Mezcla según Resistencia.

Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cantidad de agua inicial (Litros)	Cantidad de agua final (Litros)
250	11,56	9,82
280	11,85	10,07

## 2.6. Dosificación del aditivo seleccionado

Para poder estudiar los efectos del Aditivo PSP NLS en el concreto, se procede a seleccionar las dosificaciones del mismo, tomando en consideración los siguientes casos:

- Dosificación máxima de aditivo: 1,7 % del contenido de cemento de la mezcla a ejecutar.
- Dosificación en exceso de aditivo: 2,1 % del contenido de cemento de la mezcla a ejecutar. (25 % de exceso respecto a la dosificación máxima)

En función a esto, las cantidades de aditivo utilizadas son las siguientes:

- Resistencia  $250\text{Kg}/\text{cm}^2$ 
  - Máximo: 316,24ml
  - Exceso: 390,65ml
- Resistencia  $280\text{Kg}/\text{cm}^2$ 
  - Máximo: 355,93ml
  - Exceso: 439,73ml

## 2.7. Procedimiento estructurado

Dando inicio a la etapa de mezclado del concreto, se establece el procedimiento metodológico utilizado:

1. Se determinó el volumen del concreto a mezclar, considerando el número de probetas cilíndricas a llenar, conociendo sus dimensiones (30cm de Altura y 15cm de Diámetro).
2. Se ajustaron las cantidades del diseño de mezcla al volumen requerido.
3. Se realizó el mezclado en el laboratorio de Materiales de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Carabobo.
4. Se llenaron las probetas, dejándolas fraguar por un periodo de 24 horas.
5. Pasado este lapso, se desencofraron y se introdujeron en la piscina de curado durante el tiempo necesario para su estudio de compresión a la edad referida
6. Se extrajeron los cilindros 24 horas antes de ensayar a compresión.
7. Se realizó el ensayo de la Resistencia a compresión de probetas de concreto.
8. Se analizaron los resultados obtenidos y se realizaron las comparaciones entre los diferentes casos de dosificación.
9. Los cilindros se ensayaron a la edad prevista.
10. Debido a condiciones de laboratorio, se limitó la máquina de ensayo de compresión a una carga axial máxima de 60.000 Kg

## 2.8. Preparación de probetas Cilíndricas

La mezcla fue vaciada en moldes cilíndricos de metal normalizados, con dimensiones de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, cuya superficie es lisa, procuran hermetismo y no son absorbentes, según lo estipulado en la norma COVENIN 338:2002 [2].

Se limpiaron cuidadosamente los moldes para ser posteriormente pintarlos con una mezcla de aceites, para de esta manera impedir la adhesión del concreto endurecido a las paredes del molde.

Se llenaron hasta 1/3 de la altura del molde cilíndrico con la mezcla de concreto, golpeando con la varilla metálica antes mencionada 25 veces de manera uniforme, y se repitió el proceso anterior hasta completar la altura total del molde, posteriormente se golpearon las paredes externas del molde para así lograr eliminar las partículas de aire atrapado que pudiesen permanecer en la mezcla.

Se enrasó la parte superior del molde empleando la varilla metálica de manera horizontal, para así lograr un acabado uniforme.

### 2.9. Curado de probetas cilíndricas

Una vez elaboradas las probetas cilíndricas, se protegieron de la pérdida de agua debido a la evaporación y para esto, se cubrieron con un material impermeable, sobre una superficie horizontal, rígida y libre de vibraciones u otras perturbaciones.

Se retiraron las probetas de los moldes cilíndricos en un lapso comprendido de 20 a 48 horas después de su elaboración, según lo estipulado en la norma.

Se almacenaron las probetas bajo agua potable, limpia y exenta de materiales extraños, manteniéndose en un rango de temperatura de  $23 \pm 3^\circ\text{C}$ , hasta la fecha de ensayo.

### 2.10. Ensayos en del concreto endurecido

Para llevar a cabo el ensayo a compresión de cilindros de concreto es necesario preparar un informe con los siguientes datos:

- Hora y fecha de elaboración.
- Peso de la muestra de concreto.
- Dimensiones del diámetro y altura de la probeta cilíndrica a ensayar.
- Toda aquella información que se considere de importancia para la interpretación de los resultados.

Este ensayo comprende la determinación de la resistencia a compresión de especies cilíndricas de concreto, el cual consiste en aplicar una carga axial de compresión a un cilindro vaciado, antes de que la falla ocurra. El esfuerzo a compresión es calculado dividiendo la carga máxima obtenida a través del ensayo entre el área de la sección transversal de la muestra cilíndrica, de acuerdo a la ecuación (1).

$$R_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Donde:

$R_c$ : Resistencia a compresión ( $\text{Kgf}/\text{cm}^2$ ).

$P$ : Carga máxima aplicada (Kgf).

$A$ : Área de la sección transversal del cilindro ( $\text{cm}^2$ )

De acuerdo a la norma COVENIN 338:2002 [2], la máquina empleada para la realización del ensayo antes mencionado debe estar provista de dos platos de acero cuya dureza Rockwell C no sea inferior a 60 (HRC), además uno de estos platos, preferiblemente el inferior, debe ir montado sobre una rótula esférica.

Se procede de la siguiente manera:

- Se determinan las dimensiones de la muestra cilíndrica, específicamente en su zona central, donde es determinado el diámetro mediante el promedio de dos diámetros ortogonales, aproximados hasta el milímetro entero más próximo. La altura del cilindro se aproxima al milímetro más cercano.
- Obtener el peso de la muestra cilíndrica.
- Colocar la probeta cilíndrica en la máquina de ensayo, centrando cuidadosamente los platos superior e inferior. Iniciar el proceso de compresión a la muestra.
- Obtener la carga axial máxima a compresión del cilindro, antes de que la falla ocurra.
- La resistencia a compresión de cada muestra de cilindro se calcula mediante la ecuación (1).

### 2.11. Técnicas de análisis e interpretación de los datos

Los datos obtenidos fueron organizados a través de tablas donde se señala cada mezcla: patrón, con dosificación máxima y dosificación en exceso; siendo estas diferenciadas de acuerdo a la resistencia de diseño ( $250 \text{ Kgf}/\text{cm}^2$  o  $280 \text{ Kgf}/\text{cm}^2$ ) y edad de ensayo (7, 28, 45 y 60 días).

La finalidad de este tipo de metodología es verificar, observar y concluir si hubo variaciones en la resistencia del concreto con el uso del aditivo Superplastificante PSP NLS para edades igual y mayor a 28 días.

### 3. Análisis de resultados

A continuación se presentan las gráficas de comparación de los resultados obtenidos considerando el desarrollo de la resistencia a compresión de la mezcla de concreto, tomando como base a la mezcla patrón de cada una de las resistencias estudiadas, Figuras 1, 2, 3 y 4.

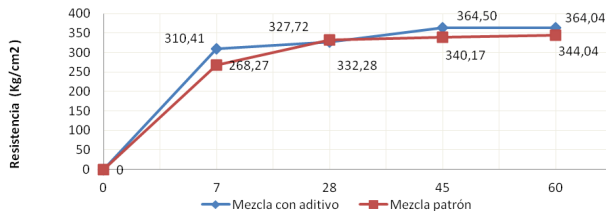


Figura 1: Comparación de Resistencias Resultantes entre Mezcla Patrón de Concreto  $250\text{kg}/\text{cm}^2$  versus Mezcla de Concreto con Dosificación Máxima.

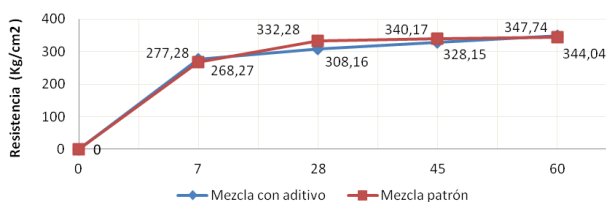


Figura 2: Comparación de Resistencias Resultantes entre Mezcla Patrón de Concreto  $250\text{kg}/\text{cm}^2$  versus Mezcla de Concreto con Dosificación Máxima.

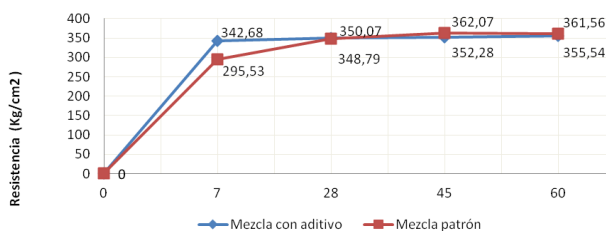


Figura 3: Comparación de Resistencias Resultantes entre Mezcla Patrón de Concreto  $280\text{kg}/\text{cm}^2$  versus Mezcla de Concreto con Dosificación Máxima.

### 4. Conclusiones

Está demostrado que para concretos normales sin aditivos, la resistencia a compresión debe alcanzar el 70 % del valor para la cual fue diseñada a los siete días, aumentando hasta el 100 % a los veintiocho días de edad, sin embargo, cuando se utilizan aditivos, se pueden producir variaciones

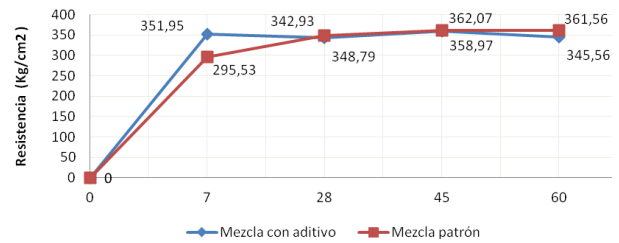


Figura 4: Comparación de Resistencias Resultantes entre Mezcla Patrón de Concreto  $280\text{kg}/\text{cm}^2$  versus Mezcla de Concreto con Dosificación Exceso.

a esta regla, derivadas de las reacciones que se producen por la inclusión de estos materiales de nueva generación.

Ya que la finalidad de este trabajo de investigación fue la de emplear el aditivo superplastificante PSP NLS sobre los diseños de mezcla patrón, con el objetivo de evaluar los efectos sobre las propiedades de dichas mezclas, y tomando en consideración los resultados anteriores, se puede observar la variación del desarrollo de las resistencias para las muestras con dosificación máxima y en exceso, respecto a la mezcla patrón sin aditivos.

De acuerdo con los resultados mostrados, se observa que a los siete días, la resistencia de la mezcla con dosis máxima de aditivo fue considerablemente mayor a la resistencia de la Mezcla Patrón. Cabe destacar, que a los veintiocho días ambas resistencias resultaron similares. Para edades mayores a veintiocho días, la resistencia de la mezcla con aditivo, fue ligeramente mayor a la de la mezcla patrón.

A diferencia de la mezcla de concreto con dosificación en exceso de aditivo, la mezcla patrón alcanzó valores de resistencia ligeramente mayores, para ambos casos de valores de resistencia,  $250\text{Kg}/\text{cm}^2$  y  $280\text{Kg}/\text{cm}^2$ , para edades iguales y mayores a veintiocho días.

Teniendo en consideración estos resultados, podemos interpretar que las mezclas con PSP NLS no presentan variación significativa en la resistencia en comparación a la de las mezclas patrón, por lo que el exceso de este aditivo no produce disminución en las mismas.

Definitivamente la dosificación de los aditivos es influyente en el resultado final de la resistencia

a compresión del concreto, siempre tomando en consideración las instrucciones de los fabricantes, se observó que utilizando cantidades mayores a las recomendadas no se están produciendo efectos favorables sobre los valores finales, de hecho se observa que en ambos casos, a largo plazo la mezcla patrón está tendiendo a tener mejores resultados que aquella que tiene una dosificación excesiva.

Por otro lado, en las tres ocasiones en que se evalúa la dosificación en exceso sobre las mezclas de concreto, se evidenciaron efectos negativos en lo que al fraguado respecta, la cual debería ocurrir a las veinticuatro horas de vaciado, sin embargo esta ocurre a las 48 horas, lo cual trae consecuencias en los diversos procesos constructivos, especialmente en aquellos que se requiera de un desencofrado rápido, tal como el vaciado y fraguado de las columnas.

En todas las ocasiones, en las que se decide emplear el aditivo, se tiene el propósito de ganar ventajas no solo económicamente sino también en la efectividad de la mezcla (resistencia a compresión), pero en este caso la mezcla patrón arroja las resistencias esperadas, estadísticamente hablando, y al emplear PSP NLS la variación de la misma fue muy poca, por lo que no se observó ninguna ventaja notable al usarlo.

## Reconocimiento.

Este artículo fue seleccionado por la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, como uno de los mejores Trabajos Especiales de Grado del año 2015.

## Referencias

- [1] A. Fernández y J. Morales. Evaluación del comportamiento de la resistencia a compresión del concreto con la aplicación del aditivo superplastificante PSP NLS, para una edad mayor que 28 días. Trabajo Especial de Grado, Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela, 2015.
- [2] COVENIN338:2002. Concreto. Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto. Fondonorma, 2002.

- [3] FONDONORMA1753:2006. Proyecto y construcción de obras en concreto estructural. Fondonorma, 2006.
- [4] F. Agelvis y N. Galindo. Evaluación del comportamiento de la resistencia del concreto a compresión con aditivos superplastificantes después de los 28 días. Trabajo Especial de Grado, Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela, 2007.
- [5] D. Ladera. Evaluación del comportamiento del concreto al incorporar un aditivo superfluidificante (WRDA 29). (Trabajabilidad y resistencia a la compresión). Trabajo Especial de Grado, Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela, 2009.
- [6] J. Coli y F. Soto. Diseño de mezclas utilizando agregados de la región central. Trabajo Especial de Grado, Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela, 1985.
- [7] COVENIN356:1994. Aditivos químicos utilizados en el concreto. Especificaciones. Fondonorma, 1994.
- [8] COVENIN270:1998. Agregados. Extracción de muestras para morteros y concretos. Fondonorma, 1998.
- [9] J. Porrero, C. Ramos, J. Grases y G. Velazco. *Manual del concreto estructural. Proyecto y diseño de obras en concreto estructural*. Caracas, Venezuela, 3<sup>a</sup> edición, 2009.
- [10] COVENIN269:1998. Agregado grueso. Determinación de la densidad y la absorción. Fondonorma, 1998.
- [11] COVENIN268:1998. Agregado fino. Determinación de la densidad y la absorción. Fondonorma, 1998.