



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL
PLASTIFICANTE WRDA 79 Y EL
SUPERPLASTIFICANTE DARACEM 100
EN EL VACIADO DE CONCRETO DE
RESISTENCIA 250 KG/CM²**

Autores:

Cruz, Rebeca
Hands, Ricardo

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL
CARRERA INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PLASTIFICANTE WRDA 79 Y EL
SUPERPLASTIFICANTE DARACEM 100 EN EL VACIADO DE
CONCRETO DE RESISTENCIA 250 KG/CM²**

Proyecto de Trabajo de Grado para optar por el título de
INGENIERO CIVIL

Autores: Cruz, Rebeca C.I. 24860345

Hands, Ricardo C.I. 23409849

Tutor académico: Ing. Fernando De Macedo

San Diego, octubre 2017



Universidad José Antonio Páez
Facultad de Ingeniería

FI-CV-050-2018-1

Valencia, 25 de Enero de 2018.


Ciudadanos:

Cruz Rebeca
C.I. 24.860.345
Hands Ricardo
C.I. 23.409.849
Presente.-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 1-2018 de fecha 25/01/2018 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PLASTIFICANTE WRDA 79 Y EL SUPERPLASTIFICANTE DARACEM 100 EN EL VACIADO DE CONCRETO DE RESISTENCIA 250KG/CM²" presentado por usted(es) como requisito para optar al título de Ingeniero Civil.

Se ratifica la designación del Ing. Fernando De Macedo C.I. 7.114.125 y la Ing. Alicia Yanez de Pizzella, C.I. 4.598.880 como Tutores Académicos que lo asesorarán en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,


Prof. Zulay Salcedo
Decana de la Facultad de Ingeniería



c. c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

ZS/fr



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ing. Fernando De Macedo portador de la cedula de identidad N° 7.114.125 en mi carácter de tutor de trabajo de grado presentado por los ciudadanos Rebeca Cruz, portadora de la cédula de identidad N° 24.860.345 y Ricardo Hands, portador de la cédula de identidad N° 23.409.849, titulado **ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PLASTIFICANTE WRDA 79 Y EL SUPERPLASTIFICANTE DARACEM 100 EN EL VACIADO DE CONCRETO DE RESISTENCIA 250 KG/CM²**; presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 12 días del mes de marzo del año 2018.

Ing. Fernando De Macedo

C.I: 7.114.125



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL
CARRERA INGENIERÍA CIVIL

San Diego, octubre 2017

ACTA DE REVISIÓN DEL PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO

Quienes suscriben esta Acta, dejan constancia que el Proyecto de Trabajo de Grado: **ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PLASTIFICANTE WRDA 79 Y EL SUPERPLASTIFICANTE DARACEM 100 EN EL VACIADO DE CONCRETO DE RESISTENCIA 250 KG/CM²**, realizado por Cruz Oronoz Rebeca Andreina C.I. 24860345 y Hands Bonaguro Ricardo Antonio C.I. 23409849, ha sido revisado y, cumpliendo con los requisitos exigidos para su aprobación, recomiendan su tramitación ante el organismo académico correspondiente.

Ing. Fernando De Macedo
Tutor Académico


Firma

18-10-2017
Fecha

Ing. Alicia Yanes de Pizzella
Tutor Metodológico


Firma

17-10-2017
Fecha

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedicamos primeramente a Dios y a la Virgen, por habernos guiado a lo largo de la carrera y brindarnos fuerzas para seguir adelante en los momentos difíciles los cuales han sido grandes enseñanzas de vida.

A nuestros padres, por su apoyo incondicional a lo largo de nuestras vidas, por su amor y cariño. Por ellos somos las personas que somos hoy en día. Porque a lo largo de este camino siempre han estado para nosotros, gracias por su apoyo.

A nuestras familias, por siempre creer en nosotros y por ayudarnos cuando más lo necesitábamos, por haber sido nuestra motivación para siempre querer llegar más lejos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por iluminar nuestro camino y guiarnos por el sendero correcto, por estar con nosotros en todo momento y darnos la confianza para siempre seguir adelante.

A nuestros profesores de la universidad, por todas las enseñanzas y buenos momentos que nos brindaron a lo largo de toda la carrera. Por eso y muchas cosas más infinitas gracias.

A nuestro tutor Ing. Fernando De Macedo, le agradecemos por su apoyo incondicional, paciencia, dedicación y motivación que nos brindó durante este trayecto para culminar nuestra tesis. Ha sido un privilegio contar con su guía y ayuda.

A la Ing. Isabel Hernández y a GRACE de Venezuela por facilitarnos los aditivos utilizados en esta investigación.

A la Ing. Lissett Ojeda y a MORO MIX C.A. por su aporte en la donación de los materiales para la elaboración de los cilindros de concreto.

Al Ing. Oswaldo Gutiérrez por su gran ayuda y permitirnos el uso de su laboratorio e instalaciones para la realización de los ensayos de este trabajo de grado.

A nuestros padres, por ayudarnos y estar para nosotros a lo largo de este trabajo, por su apoyo, comprensión y paciencia, por brindarnos la mejor educación y las mejores lecciones. Gracias.

A nuestros compañeros, unos están con nosotros desde el primer día de clase y otros que conocimos a lo largo de nuestra carrera, por permitirnos entrar en sus vidas durante estos 5 años y ayudarnos a hacer nuestros días en la universidad mucho mejores, por su compañerismo y por estar ahí en cualquier circunstancia, no hace falta nombrarlos, pero siempre estaremos agradecidos con todos ustedes.

ÍNDICE

CONTENIDO	pp.
ÍNDICE DE CUADROS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO

I EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Formulación del Problema.....	4
1.3 Objetivos de la Investigación.....	4
1.3.1 Objetivo General.....	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4 Justificación.....	5
1.5 Alcance y Delimitaciones de la Investigación.....	5

II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes.....	7
2.2 Bases Teóricas.....	9
2.2.1 Concreto.....	9
2.2.2 Tipos de Concreto.....	9
2.2.3 Componentes del Concreto.....	10
2.2.4 Aditivos para el Concreto.....	10
2.2.5 Cono de Abrams.....	11
2.2.6 Medición de Asentamiento.....	12
2.2.7 Cemento.....	12

2.2.8	Cemento Portland.....	12
2.2.9	Ensayo de Compresión.....	14
2.2.10	Análisis Granulométrico.....	15
2.2.11	Principios Estadísticos.....	15
2.2.12	Parámetros Estadísticos.....	15
2.2.12.1	Promedio \bar{X}	15
2.2.12.2	Desviación Estándar S.....	16
2.2.12.3	Rango d.....	16
2.2.12.4	Rango Ponderado.....	16
2.2.13	Parámetros del Universo.....	17
2.2.14	Distribución Normal.....	17
2.2.15	Resistencia Especificada en el Proyecto Estructural.....	21
2.2.16	Implicación del Control en la Seguridad.....	22
2.2.17	Mayoración de Resistencias.....	23
2.2.18	Desviación Estándar Conocida.....	24
2.2.18.1	Al Menos 30 Ensayos.....	24
2.2.18.2	Menos de 30 Ensayos.....	24
2.2.19	Desviación Estándar Cuando No Hay Suficientes Antecedentes.....	25
2.2.20	Tipos de Dispersiones.....	27
2.2.20.1	Variación Dentro del Ensayo.....	27
2.2.20.2	Variación Entre Mezclas de un Mismo Concreto.....	28
2.3	Definición de Términos Básicos.....	28

III MARCO METODOLÓGICO

3.1	Tipo de Investigación.....	33
-----	----------------------------	----

3.2	Nivel de Investigación.....	33
3.3	Diseño de Investigación.....	33
3.4	Población y Muestra.....	34
3.5	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	34
3.6	Fases de la Investigación.....	35
IV	RESULTADOS	
4.1	Diseño de Mezclas.....	37
4.2	Reducción de Agua.....	39
4.3	Relación Agua/Cemento.....	39
4.4	Incidencia de los Aditivos en el Costo del Concreto.....	40
4.5	Tablas de Resistencias.....	41
	CONCLUSIONES	78
	RECOMENDACIONES	81
	BIBLIOGRAFÍA	
	Impresas.....	82
	Digitales.....	83

ÍNDICE DE CUADROS

CONTENIDO

CUADRO		pp.
1: Clasificación de los Aditivos.....		10
2: Tipos de Cemento Portland.....		13

ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO

FIGURA	pp.
1: Ensayo de Compresión.....	14
2: Ejemplo de distribución estadística de la resistencia del concreto.....	18
3: Área bajo la curva normal entre algunos puntos singulares.....	19
4: Distribución normal para tres concretos con igual resistencia especificada y distintos valores de desviación estándar.....	19
5: Cilindros.....	29
6: Encofrado.....	30
7: Mezcla de Concreto.....	31
8: Costo de Aditivos vs Uso.....	40
9: Resistencia a Compresión del Concreto Base.....	44
10: Resistencia a Compresión del Concreto Base Corregido.....	48
11: Resistencia a Compresión del WRDA 79 dosis mínima.....	52
12: Resistencia a Compresión del WRDA 79 dosis media.....	56
13: Resistencia a Compresión del WRDA 79 dosis máxima.....	60
14: Resistencia a Compresión del WRDA 79, todas las dosis.....	61
15: Resistencia a Compresión vs Dosificaciones WRDA 79.....	62
16: Resistencia a Compresión del Daracem 100 dosis mínima.....	66
17: Resistencia a Compresión del Daracem 100 dosis media.....	70
18: Resistencia a Compresión del Daracem 100 dosis máxima.....	74
19: Resistencia a Compresión del Daracem 100, todas las dosis.....	75
20: Resistencia a Compresión vs Dosificaciones Daracem 100.....	76
21: Resistencia a Compresión vs Dosificaciones WRDA 79 y Daracem 100....	77

ÍNDICE DE TABLAS

CONTENIDO

TABLA	pp.
1: Factor del Rango Ponderado.....	17
2: Valores de Z y el área bajo la curva de la distribución normalizada.....	20
3: Factores de modificación para la desviación estándar cuando se dispone de menos de 30 ensayos consecutivos.....	25
4: Resistencia promedio a la compresión requerida, F'_{cr} , cuando no se dispone de datos para establecer la desviación estándar.....	25
5: Valores de la desviación estándar que son de esperar en el concreto, según el grado de control.....	26
6: Desviación estándar de los ensayos, S_e	28
7: Estimación de agua y contenido de aire.....	37
8: Estimación del agregado grueso	38
9: Estimación del agregado fino.....	38
10: Reducción de Agua.....	39
11: Relación agua/cemento.....	39
12: Costo de Aditivos vs Uso.....	40
13: Resistencia a Compresión del Concreto Base, 3 días.....	41
14: Resistencia a Compresión del Concreto Base, 7 días.....	42
15: Resistencia a Compresión del Concreto Base, 28 días.....	43
16: Resistencia a Compresión del Concreto Base Corregido, 3 días.....	45
17: Resistencia a Compresión del Concreto Base Corregido, 7 días.....	46
18: Resistencia a Compresión del Concreto Base Corregido, 28 días.....	47
19: Resistencia a Compresión del WRDA 79 dosis mínima, 3 días.....	49
20: Resistencia a Compresión del WRDA 79 dosis mínima, 7 días.....	50
21: Resistencia a Compresión del WRDA 79 dosis mínima, 28 días.....	51

22: Resistencia a Compresión del WRDA 79 dosis media, 3 días.....	53
23: Resistencia a Compresión del WRDA79 dosis media, 7 días.....	54
24: Resistencia a Compresión del WRDA 79 dosis media, 28 días.....	55
25: Resistencia a Compresión del WRDA79 dosis máxima, 3 días.....	57
26: Resistencia a Compresión del WRDA 79 dosis máxima, 7 días.....	58
27: Resistencia a Compresión del WRDA 79 dosis máxima, 28 días.....	59
28: Resistencia a Compresión del Daracem 100 dosis mínima, 3 días.....	63
29: Resistencia a Compresión del Daracem 100 dosis mínima, 7 días.....	64
30: Resistencia a Compresión del Daracem 100 dosis mínima, 28 días.....	65
31: Resistencia a Compresión del Daracem 100 dosis media, 3 días.....	67
32: Resistencia a Compresión del Daracem 100 dosis media, 7 días.....	68
33: Resistencia a Compresión del Daracem 100 dosis media, 28 días.....	69
34: Resistencia a Compresión del Daracem 100 dosis máxima, 3 días.....	71
35: Resistencia a Compresión del Daracem 100 dosis máxima, 7 días.....	72
36: Resistencia a Compresión del Daracem 100 dosis máxima, 28 días.....	73



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL
CARRERA INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PLASTIFICANTE WRDA 79 Y EL SUPERPLASTIFICANTE DARACEM 100 EN EL VACIADO DE CONCRETO DE RESISTENCIA 250 KG/CM²

Autores: Cruz, Rebeca.

Hands, Ricardo.

Tutor: Ing. Fernando De Macedo.

Fecha: octubre 2017

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo de estudio realizar el análisis comparativo del aditivo plastificante WRDA 79 y el superplastificante Daracem 100 en el vaciado de concreto de resistencia 250 kg/cm². El logro de dicho objetivo se realizará mediante el carácter de proyecto factible por medio de un nivel de investigación descriptivo y diseño de investigación de campo-experimental, que permitirá analizar y comparar los resultados a través de ensayos de compresión. El proceso se desarrollará tomando en cuenta las siguientes fases: Fase I. Comparar la trabajabilidad del concreto con cada aditivo en diferentes dosis. Fase II. Analizar la incidencia en los costos del concreto de acuerdo a su uso. Fase III. Verificar la ganancia de resistencia con la adición de los aditivos. Dicho proyecto está dirigido a suministrar una información adecuada acerca de la acción de cada aditivo antes mencionado en una mezcla de concreto, determinando los posibles datos que se refieran a la proporción entre costo y uso que podrían ser empleados para el diseño de concreto de resistencia 250kg/cm² con agregados tradicionales.

Descriptor: Resistencia, Aditivo, Concreto.

INTRODUCCIÓN

El concreto es uno de los materiales más utilizados en construcción, es la base de muchos proyectos importantes, por sus características: trabajabilidad, cohesividad, resistencia y durabilidad; éstas pueden variar en un grado considerable, mediante el control de sus ingredientes. Por tanto, para una estructura específica, resulta económico utilizar un concreto que tenga las características exactas necesarias. La Resistencia a la compresión de un concreto debe ser alcanzado a los 28 días después de vaciado y realizado el curado correspondiente; es imperativo que el concreto utilizado en la construcción sea fuerte, resistente a las grietas y viable.

El desarrollo de nuevas tecnologías en el diseño de concreto, ha conllevado a una continua investigación de todos sus componentes; entre ellos los aditivos químicos; son materiales orgánicos o inorgánicos que se añaden a la mezcla durante o luego de formada la pasta de cemento y que modifican en forma dirigida algunas características del proceso de hidratación, el endurecimiento e incluso la estructura interna del concreto.

Los aditivos se utilizan para mejorar o cambiar las propiedades específicas del concreto y para mejorar la calidad de los proyectos de construcción. Los aditivos hacen más que mejorar la resistencia del concreto, también se pueden utilizar para añadir color o textura con fines decorativos. Existe una amplia gama de aditivos para concreto para asegurar que se cumplan todos los criterios y que el producto final cumpla con los requisitos del proyectista. La evolución de los aditivos es materia fundamental de estudio para la fabricación de nuevos concretos. Por ello, la industria de químicos para la construcción, toma un especial interés en aportar soluciones a las exigencias actuales de diseño y construcción. Es de gran utilidad el poder modificar las propiedades del concreto con dichos aditivos para un mejor aprovechamiento del mismo.

Con el avance de los estudios, cada vez se va consolidando a nivel internacional el criterio de considerar a los aditivos como un componente normal dentro de la tecnología del concreto moderna ya que contribuyen a minimizar los riesgos que

ocasiona el no poder controlar ciertas características inherentes a la mezcla de concreto original, como son los tiempos de fraguado, la estructura de vacíos el calor de hidratación, entre otras. Dentro de este contexto, el estudio de los aditivos es materia de primer orden, porque solamente a través de pruebas y ensayos de sus efectos sobre el concreto, se pueden generar información que guie su uso de acuerdo a las necesidades previstas en los diseños de las obras.

En relación a lo expuesto, esta investigación se realizará con la finalidad de ahondar en el conocimiento de los aditivos, como productos esenciales en la elaboración del concreto. Motivados por la necesidad de obtener resultados que comprueben la efectividad y describan los efectos que infieren el aditivo plastificante WRDA 79 y el superplastificante Daracem 100 sobre mezclas de concreto tradicionales; se presenta el siguiente trabajo de grado el cual quedará estructurado en cuatro capítulos que se resumen a continuación:

Capítulo I. El Problema: Se suministra la información necesaria para entender el problema, los objetivos y el alcance planteado.

Capítulo II. Marco Teórico. Este capítulo habla de las bases teóricas que envuelven el área de la investigación que se planteó.

Capítulo III. Marco Metodológico. En ella se señala el tipo de investigación, la población y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, el análisis de los resultados de la encuesta y se señalan las fases de la investigación.

Capítulo IV. Los Recursos. Donde se explican todas las herramientas obtenidas para la elaboración del proyecto, como lo son, recursos humanos, institucionales, materiales y cronograma de actividades (tiempo).

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

El concreto es uno de los materiales más usados en la construcción y se produce con una mezcla de agregados gruesos, agregados finos, cemento y agua. Las partículas de agregado, dependiendo fundamentalmente de su diámetro medio, son los áridos que se clasifican en grava, gravilla y arena. El uso de los aditivos en el concreto premezclado hoy en día es algo muy común, anteriormente la calidad del concreto no era como los de hoy, y esto se debe al avance del estudio en el área de los aditivos; los cuales han ido evolucionando desde el momento de su aparición. Los aditivos son compuestos químicos que, al ser añadidos a la mezcla de concreto, pueden mejorar algunas de sus propiedades como material de construcción.

Los aditivos han tenido un papel muy importante en el surgimiento de nuevos diseños de concreto, hecho que se logró, en gran medida, a través de su implementación en la solución de los problemas de colocación. La experimentación con aditivos se realiza mediante una serie de ensayos que buscan la comprobación de la efectividad del producto con los materiales que se van a utilizar en la obra; así como también busca establecer parámetros sobre el comportamiento de variables como la reducción de agua, plasticidad, tiempo de fraguado y resistencia a compresión, que permitan tener un conocimiento de las cualidades que confieren a la mezcla tanto en su estado fresco como en su estado endurecido.

Con el advenimiento de los aditivos se abrieron vías en la investigación del concreto, el estudio de los efectos de esta nueva gama de productos es determinante para conocer sus propiedades y poder incorporarlos de manera confiable; entre ellos se encuentran, los plastificantes (reductores de agua), retardadores de fraguado, aceleradores, repelentes de agua, inhibidor de corrosión, entre otros; particularmente en el presente estudio se evaluará la acción del plastificante WRDA 79 y del superplastificante Daracem 100 en la mezcla de concreto para conocer su incidencia en

distintas variables, como podrían ser: la trabajabilidad del concreto, reducción de agua, durabilidad, y resistencia.

La investigación de este tema es de gran importancia porque permite observar, como la reducción de agua en la mezcla afecta la resistencia mecánica y la trabajabilidad, debido a su gran poder dispersante que fluidifica considerablemente la mezcla con poca agua, disminuyendo la relación agua/cemento. El énfasis en el análisis de la incorporación de dosis de aditivos debidamente programadas de acuerdo a las cualidades particulares de un proyecto, se verá retribuida en la obtención de mezcla de concretos superiores que estén ajustadas a las exigencias de la obra y que facilitan en gran medida los procesos constructivos y disminuya costos.

En este sentido, el problema del presente estudio está dirigido a proporcionar una información adecuada acerca de la acción de cada aditivo antes mencionado en una mezcla de concreto, estableciendo datos de referencia en relación a la dosificación y la proporción que podrían ser utilizadas para el diseño de la mezcla de concreto de resistencia 250kg/cm² con agregados tradicionales.

1.2 Formulación del Problema

Por lo antes expuesto se plantea la siguiente interrogante:

¿Cómo afecta a las propiedades del concreto el uso de los aditivos plastificante WRDA 79 y superplastificante Daracem 100 en el vaciado de concreto de resistencia 250 kg/cm²?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Realizar el análisis comparativo del aditivo plastificante WRDA 79 y del superplastificante Daracem 100 en el vaciado de concreto de resistencia 250 kg/cm².

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Comparar la relación agua/cemento del concreto con cada aditivo en diferentes dosis.
2. Analizar la incidencia de los aditivos en los costos del concreto de acuerdo a su uso.

3. Verificar la ganancia de resistencia con la adición de los aditivos.

1.4 Justificación del Problema

La importancia del estudio de los aditivos se explica por la necesidad de responder con rapidez a los avances de la industria de la construcción con concreto. Es por ello que la conveniencia del estudio radica en proporcionar una serie de datos a partir de la experimentación que sirvan de información para futuros diseños de mezclas.

En relación a esto surgen interrogantes, como por ejemplo qué beneficios proporcionarían la incorporación de los aditivos plastificante y superplastificante en el diseño de mezcla de concreto, así como también cómo inciden sobre la reducción de agua en la mezcla de concreto de resistencia 250kg/cm^2 .

Una de las interrogantes sería el comportamiento de variables correspondientes al estado fresco como lo son el asentamiento medido a través del cono de Abrams y la reducción de agua de la mezcla. En relación al estado endurecido, se estudiarán los efectos que se lograrían en la ganancia o pérdida de resistencia mecánica a las edades de 3, 7 y 28 días a través de los niveles de dosificación mínima, media y máxima de los aditivos estudiados.

La presente investigación busca analizar y comparar el comportamiento práctico o en campo del concreto con el aditivo plastificante WRDA 79 y el superplastificante Daracem 100, ya que este estudio comparativo no se ha realizado y servirá para que las empresas y particulares dedicados a este campo, puedan obtener una mejor trabajabilidad del concreto sin aumentar la cantidad de agua, utilizando las dosificaciones recomendadas; y así dar una conclusión de dicho trabajo de investigación.

1.5 Alcance y Delimitaciones de la Investigación

El presente trabajo de grado abarca el análisis comparativo entre los aditivos plastificante WRDA 79 y el superplastificante Daracem 100, el cual se realizará en el laboratorio SERVI CONCRETO VALENCIA, S.L.R., Municipio Libertador, Carabobo, Venezuela, dicho análisis requiere de una serie de conocimientos técnicos para poder elaborar las diferentes mezclas de concreto y controlar de manera correcta

los equipos para realizar los ensayos. Este trabajo se limitará al uso de los aditivos antes mencionados, en las dosis recomendadas por la empresa GRACE de Venezuela, para así comparar los resultados obtenidos entre ambos aditivos para un concreto de resistencia 250 kg/cm².

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En el capítulo, se pueden observar una serie de consideraciones teóricas vinculadas con esta investigación; comenzando por los antecedentes del estudio, entre los que se proponen varios análisis de trabajos relacionados al problema planteado.

Seguidamente, se exponen las bases teóricas que formula principales conocimientos acerca del concreto, sus componentes y el uso de los aditivos, como modificadores de sus propiedades; se expone también, la teoría sobre las propiedades de los aditivos plastificantes y superplastificantes, objeto de estudio. Se concluye el capítulo con las definiciones conceptuales de los términos propios de la investigación.

2.1 Antecedentes

En este estudio, se localizaron trabajos de investigación que al igual que el presente estudiaron el comportamiento del concreto con el uso de diferentes aditivos, con cambios en su composición y sus propiedades. Estos trabajos se presentan a continuación:

Ruiz Griselda, y Bashshar Ibrahim, (1991) en su Trabajo de Grado titulado, **Comportamiento del concreto ante el uso combinado de aditivos A, D, F y G**, realizado en la Universidad de Carabobo, planteó: el estudio de la acción combinada de estos aditivos y sus efectos reductores de agua y retardadores de fraguado, planteando el uso de las dosificaciones. Esta investigación se considera un antecedente debido a que estudian el efecto de los aditivos tipo F y G.

Así mismo, Muñoz F, y Rodríguez L, (2003) en su Trabajo de Grado titulado, **Estudio de las características del concreto basado en un diseño de mezcla con la incorporación de un aditivo de nueva generación reductor de agua de alto rango y retardador de fraguado**, realizado en la Universidad de Carabobo, describió: el aditivo Glenium TC 1303, basado en la tecnología Glenium. Este trabajo se revisó ya que presenta un estudio referido a un aditivo de nueva generación reductor de agua.

Además, González L, y Vásquez A, (2005) en su Trabajo de Grado titulado, **Incidencia de la acción conjunta de los aditivos tipo B (Polyheed Ri) y tipo F (Glenium 3200 HES), sobre una mezcla de concreto de resistencia 210 kg/cm²**, realizado en la Universidad de Carabobo, se propuso: determinar la incidencia de la acción conjunta de los aditivos tipo B y tipo F. Se buscó evaluar el efecto reductor de agua y de retardo de fraguado para observar el tiempo de duración de la plasticidad; verificar la ganancia de resistencia mecánica como consecuencia de la acción reductora y capacidad hiperfluidificante sobre la mezcla; con el fin de aportar conocimientos al estudio del concreto Autocompactante. El aporte para esta investigación es la posible reducción de agua como incidencia que se podría obtener a través del uso del aditivo tipo F usado en dicho trabajo de grado.

Por último, Mayta Jhonathan, (2014) en su Trabajo de Grado titulado, **Influencia del aditivo superplastificante en el tiempo de fraguado, trabajabilidad y resistencia mecánica del concreto**, realizado en la Universidad Nacional del Centro del Perú, estudió: cómo influye el aditivo superplastificante en las propiedades del concreto para sus estado fresco y endurecido. La presente tesis tiene como objetivo analizar el comportamiento del concreto en estado fresco y endurecido (trabajabilidad, tiempo de fraguado y resistencia mecánica), debido a la incorporación del aditivo superplastificante en las mezclas de concreto. Para esto primeramente se prepararon los diseños mezclas patrones (sin el aditivo mencionado) de relaciones a/c=0.40, 0.50 y 0.60, según el método de agregado global y para un asentamiento de cono de 4"; luego sin variar los componentes iniciales del concreto patrón, se incorporaron diferentes dosis de aditivo superplastificante (250, 450, 650 ,850 y 1050 ml por cada 100 kg de cemento), obteniéndose así los diseños de mezclas experimentales. Todas las variantes hacen un total de 18 diseños de mezcla. Este trabajo de grado se consideró por analizar un concreto base y la mezcla con aditivo; para de esta forma comparar las diferentes características.

También se recurrió a información obtenida a través de Internet, lo cual fue de gran ayuda para el conocimiento de los antecedentes de este trabajo.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Concreto

El concreto es una piedra artificial obtenida cementando en una sola masa una mezcla de materiales inertes (Arnal, 1984). También se puede definir como un material pétreo, artificial, obtenido de la mezclan en proporciones determinadas, de cemento, arena, piedra y agua. El cemento y el agua forman una pasta que rodea a los agregados, constituyendo un material heterogéneo. Se pueden lograr innumerables combinaciones al variar las proporciones y las calidades de los ingredientes, estas diferentes combinaciones tendrán como resultado concreto de distintas calidades. Las operaciones de mezclado, transporte, colocación y curado del concreto son determinantes en su calidad final.

2.2.2 Tipos de Concreto

- **Concreto Seco:** concreto con una relación agua-cemento, razonable, ya que por lo general no contiene aditivos.
- **Concreto Plástico:** este tipo de concreto junto con el aditivo requiere menos agua, logra reducciones de por lo menos 5% de agua; aumentó su fabricación luego de la aparición de los aditivos plastificantes.
- **Concreto Blando:** fabricados con los plastificantes de segunda generación, los cuales logran reducciones de agua de por lo menos 15%.
- **Concreto Fluido:** concretos con superfluidificantes que logran reducciones de agua superiores al 20%.
- **Concreto Autocompactante:** este concreto es preparado con aditivos conocidos como hiperfluidificantes; según la necesidad se puede variar la dosificación del producto para obtener reducciones mayores al 30%

2.2.3 Componentes del Concreto

El concreto simple está formado por una mezcla fraguada de cemento, agua, agregados gruesos y finos, aire y con frecuencia aditivos. El concreto tiene una muy buena resistencia a la compresión, pero muy baja a la tensión.

2.2.4 Aditivos para el Concreto

Los aditivos para concreto son componentes de naturaleza orgánica o inorgánica, cuya inclusión tiene como objeto modificar las propiedades físicas de los materiales conglomerados en estado fresco. Se suelen presentar en forma de polvo o de líquido, como emulsiones. (Ver Cuadro 1)

Cuadro 1: Clasificación de los Aditivos

Tipo	Función
A	Reductores de agua.
B	Retardador de fraguado.
C	Aceleradores de fraguado.
D	Reductores de agua y retardadores.
E	Reductores de agua y aceleradores.
F	Reductores de agua de alto rango.
G	Reductores de agua de alto rango y retardadores.
H	Reductores de agua de alto rango y aceleradores.

Fuente: (COVENIN 356 – 1994), (ASTM 494)

Existe otro tipo de clasificación en el que los aditivos se conocen por generación:

- **Primera Generación:** son aquellos que contienen lignosulfonatos, son plastificantes para el concreto y son aún bastante utilizados dentro de la tecnología más simple de aditivos. Se extraen del proceso de producción de celulosa dentro de la industria del papel. Se consigue una reducción de agua de aproximadamente el 10%.
- **Segunda Generación:** son aquellos aditivos que contienen naftalen sulfonatos

y melamina sulfonatos, comparados con los lignosulfonatos proporcionan una mayor reducción de agua, de hasta un 25%. La reducción de agua es similar a la de los naftalenos, pero mejoran considerablemente las resistencias a edades tempranas.

- **Última Generación:** son aditivos que contienen policarboxilatos, son capaces de variar enormemente la trabajabilidad del concreto, o bien pueden retrasar o acelerar de forma importante el fraguado, mejorar las resistencias iniciales y/o finales.

WRDA 79 (Tipo A, Primera Generación)

Tipo A: son aquellos aditivos que reducen al menos un 5% la cantidad de agua de mezclado requerida para producir un concreto de una consistencia igual a la mezcla de referencia, incrementando su resistencia.

Daracem 100 (Tipo F y G, Última Generación)

Tipo F: son aquellos aditivos que reducen al menos un 15% de agua de mezclado requerida, para producir un concreto de una consistencia igual a la mezcla de referencia, incrementando su resistencia.

Tipo G: son aquellos aditivos que reducen al menos un 15% de agua de mezclado requerida, para producir un concreto de una consistencia igual a la mezcla de referencia, retardando el fraguado e incrementando su resistencia.

2.2.5 Cono de Abrams

Es un molde construido de un material rígido e inatacable por el concreto, con un espesor mínimo de 1.5 mm. Su forma interior debe ser la de un cono truncado, de $(200 + 3)$ mm de diámetro de base mayor, $(100 + 3)$ mm de diámetro de base menor y $(300 + 3)$ mm de altura. Las bases deben ser abiertas, paralelas entre sí y perpendiculares al eje del cono. El molde debe estar provisto de asas y aletas. El interior del molde debe ser relativamente suave y sin protuberancias, tales como remaches. (COVENIN 339 – 2003)

2.2.6 Medición del Asentamiento

Es el ensayo que se realiza al concreto en su estado fresco, para medir su consistencia. El ensayo consiste en rellenar un molde metálico troncocónico (Cono de Abrams) de dimensiones normalizadas, en tres capas niveladas con 25 golpes de varilla y, luego de retirar el molde, medir el asentamiento que experimenta la masa de concreto colocada en su interior.

2.2.7 Cemento

El cemento es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua. El producto resultante de la molienda de estas rocas es llamado clinker y se convierte en cemento cuando se le agrega una pequeña cantidad de yeso para que adquiera la propiedad de fraguar al añadirle agua y endurecerse posteriormente.

2.2.8 Cemento Portland

El cemento portland es un conglomerante hidráulico cuya principal propiedad es la de formar masas pétreas resistentes y duraderas cuando se mezcla con áridos y agua. El endurecimiento de la mezcla ocurre transcurrido un cierto tiempo desde el momento en que se realiza el amasado, lo que permite dar forma a la piedra artificial resultante. Estas tres cualidades (moldeable, resistente, duradero) hacen que los productos derivados del cemento tengan una gran aplicación en la construcción de edificios y obras públicas. (Sanjuán B; Chinchón Y, 2004)

El término cemento Portland se debió a su parecido con la piedra de Portland, que era muy utilizada para la construcción en Inglaterra. El primer cemento Portland moderno, hecho de piedra caliza y arcillas o pizarras, calentadas hasta convertirse en carbonilla (o escorias) y después trituradas, fue producido en Gran Bretaña en 1845. En aquella época el cemento se fabricaba en hornos verticales, esparciendo las materias primas sobre capas de coque a las que se prendía fuego. Los primeros hornos rotatorios surgieron hacia 1880. El cemento Portland se emplea hoy en la mayoría de las estructuras de concreto. Al generalizarse el uso del concreto reforzado (a fines del siglo

pasado), el cemento portland llegó a ser rápidamente uno de los principales productos de construcción. En el último medio siglo, la utilización del cemento portland ha continuado expandiéndose hasta el punto que casi ninguna construcción, grande o pequeña, se ejecuta sin el uso de concreto de cemento portland en alguna parte de la obra. (Ver Cuadro 2)

Cuadro 2: Tipos de Cemento Portland

Tipo	Definición
I	Es el cemento Portland destinado a obras de concreto en general, cuando en las mismas no se especifique la utilización de otro tipo (Edificios, estructuras industriales, conjuntos habitacionales). Libera más calor de hidratación que otros tipos de cemento.
II	De moderada resistencia a los sulfatos, es el cemento Portland destinado a obras de concreto en general y obras expuestas a la acción moderada de sulfatos o donde se requiera moderado calor de hidratación, cuando así sea especificado. (Puentes, tuberías de concreto).
III	Alta resistencia inicial, como cuando se necesita que la estructura de concreto reciba carga lo antes posible o cuando es necesario desencofrar a los pocos días del vaciado.
IV	Se requiere bajo calor de hidratación en que no deben producirse dilataciones durante el fraguado (Presas).
V	Usado donde se requiera una elevada resistencia a la acción concentrada de los sulfatos (canales, alcantarillas, obras portuarias).
ICO	Cemento Portland tipo adicionado o compuesto, que contiene hasta 30 % de filler calizo u otro material.
IMS	Cemento Portland tipo I adicionado, con moderada protección a los sulfatos (Moderate Sulphate). Se emplea donde sean importantes las precauciones contra el ataque moderado por los sulfatos, tales como en estructuras de

	drenaje, donde las concentraciones de sulfatos en el agua subterránea son mayores que lo normal pero no llegan a ser severas.
IHS	Cemento portland tipo I adicionado con alta protección contra los sulfatos (High Sulphate). Se usa en concreto expuesto a la acción severa de los sulfatos principalmente donde el suelo o el agua subterránea tienen altas concentraciones de sulfato. Este cemento se emplea de la misma manera que el Cemento portland tipo V.
GU	El cemento portland tipo I adicionado de uso general tipo GU (General Use). Es adecuado para todas las aplicaciones donde las propiedades especiales de los otros tipos de cemento no sean necesarias. Su uso en concreto incluye pavimentos, pisos, edificios en concreto armado, puentes, tubería, productos de concreto prefabricado y otras aplicaciones donde se usa el cemento portland tipo I.

Fuente: ASTM C150/C150M - 09

2.2.9 Ensayo de Compresión

En ingeniería, el ensayo de compresión es un ensayo técnico para determinar la resistencia de un material o su deformación ante un esfuerzo de compresión. En la mayoría de los casos se realiza con concretos y metales (aceros), aunque puede realizarse sobre cualquier material. Se realiza preparando cilindros normalizados que se someten a compresión en una máquina universal. (Ver Figura 1)



Figura 1: Ensayo de Compresión

Fuente: Cruz & Hands, 2018

2.2.10 Análisis Granulométrico

Es la medición y graduación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas.

2.2.11 Principios Estadísticos

La estadística permite condenser datos, para presentarlos de forma probabilística, haciéndolos más fácil al momento de comprenderlos y compararlos, siendo la herramienta más adecuada y útil disponible para el control de calidad, tanto en la etapa de planificación como en la interpretación de los resultados. Pero la estadística en si no permite la toma de decisiones, por lo que debe basarse en criterios de otra índole. Estas permiten determinar las probabilidades de que se excedan, o se alcancen, ciertos límites que deben ser fijados por los procedimientos ajenos a ella; por lo que estos se encuentran frecuentemente basados en estimaciones, acuerdo o decisiones, las cuales están condicionadas por la experiencia. Es importante que una vez convenido los límites de calidad, se mantengan invariables en todas las etapas del proceso, y esto permitirá mantener una referencia segura a la cual atenerse. (Porrero, 2014).

2.2.12 Parámetros Estadísticos

Algunos de los parámetros estadístico que se deben manejar para el control de calidad de los concreto son:

2.2.12.1 Promedio

2.2.12.2 Desviación Estándar S

Estadísticamente es el índice más representativo de la dispersión o variabilidad que presentan los datos. Se puede calcular aplicando los valores obtenidos en la siguiente ecuación, la cual se presenta a continuación.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X)^2}{(n-1)}} \quad (2)$$

Donde:

S= Desviación Standard

X_i = Valor Definido

X = media aritmética

n= Número de datos

2.2.12.3 Rango d

Es denominado así a la magnitud de la diferencia entre el mayor valor y el menor del grupo de datos o ensayos que se están considerando.

$$d = X_{max} - X_{min} \quad (3)$$

2.2.12.4 Rango Ponderado

Con esto se puede obtener una estimación del límite superior de la desviación estándar, se logra con solo multiplicar por un valor estadístico k_r , que están en función del número de datos o valores. Esta información es sumamente útil cuando se dispone de pocos valores, se considera tan válida como la del cálculo de la desviación estándar mediante fórmula.

$$S = k_r \cdot d \quad (4)$$

El rango estadístico k_r es el valor de ponderación del rango y el mismo está dado por el número de ensayos permitiendo así determinar la desviación standard, y solo se aplica cuando los números de datos son menores a 10, en la siguiente Tabla 1, se pueden observar los valores para las distintas cantidades de muestras.

Tabla 1: Factor del Rango Ponderado

Número de Ensayos (n)	Factor kr
2	0,8865
3	0,5907
4	0,4857
5	0,4299
6	0,3946
7	0,3698
8	0,3512
9	0,3367
10	0,3249

Fuente: Porrero, 2014

2.2.13 Parámetros del Universo

Tanto la media X , como la desviación estándar S , se obtienen con los datos disponibles, siendo parámetros muestrales y se denominan estadísticos, aunque en realidad son estimaciones de la media y de la desviación real del material; son valores a los cuales se aproximarán más o que representarán con mayor precisión, por lo que cuantos más datos se tengan, mayor es la precisión. A los parámetros verdaderos se le denominan parámetros del universo o teóricos, ya que en realidad el concepto de los

estándar universal.

2.2.14 Distribución Normal

Según Porrero (2012) indica lo siguiente:

“Cuando los valores que representan un fenómeno mensurable se colocan en un gráfico caracterizado como el de la figura 5 que tiene en las abscisas las magnitudes (expresadas por intervalos) y en las ordenadas las frecuencias con las que ocurren o suceden esos intervalos de magnitudes, se aprecia que los valores extremos, los muy altos y los muy bajos, son relativamente escasos; por el contrario, las magnitudes cercanas a la media son abundantes. Para muchos fenómenos la distribución toma una forma acampanada como la de la citada figura. Así sucede con los resultados de los ensayos de resistencia del concreto y con otras propiedades de éste y de otros materiales” (p.329)

Como está indicado en la cita anterior, la expresión de resultados viene dada por una serie de ensayos, los cuales, al momento de graficarlos en un cuadro cartesiano se podrán observar dichos datos dispersos sobre el mismo, en donde el mayor número de resultados se tendrá en la media, y por otro lado los que mayor dispersión tiene, es decir, los más altos y más bajos estarán en los extremos, cumpliendo así con la teoría estadística de la campana de Gauss; en la figura 5 se podrá ver un ejemplo del comportamiento de dicho sistema estadístico.

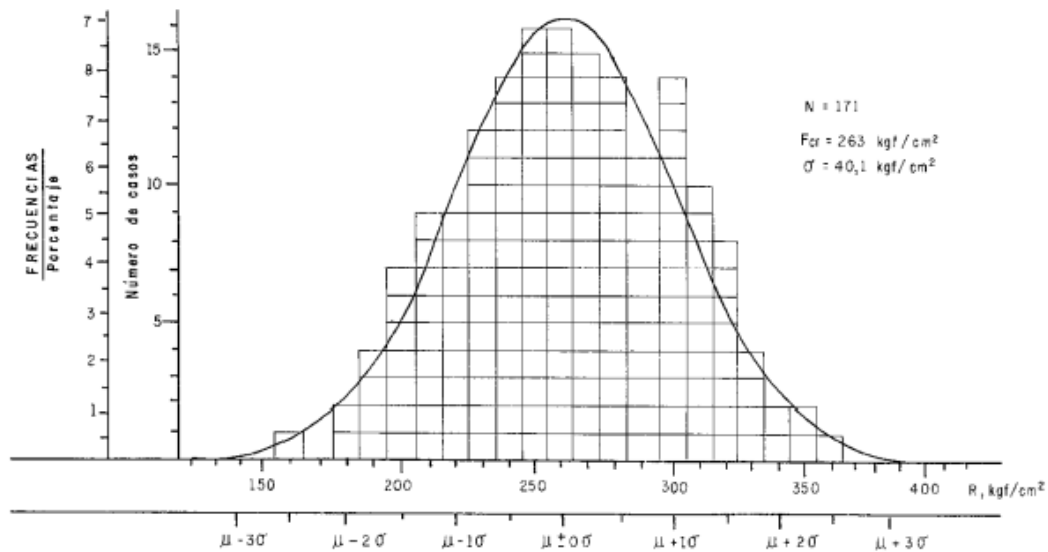


Figura 2: Ejemplo de distribución estadística de la resistencia del concreto

Fuente: Porrero, 2014

Por similitud de ciertos fenómenos naturales y principalmente por la facilidades de manejo y cálculo que proporciona, en estadística se suele tomar como modelo de distribución la que se denomina distribución normal, cuya representación aparece plasmada en la figura 6, y no es más que la campana de Gauss, pero es importante tomar en cuenta que muchas propiedades de los materiales, y en particular la resistencia a la compresión del concreto o mortero, no son distribuidas estrictamente según la curva normal; sin embargo, las diferencias son relativamente pequeñas y quedan ampliamente compensadas por las ventajas de emplear la distribución normal indicada.

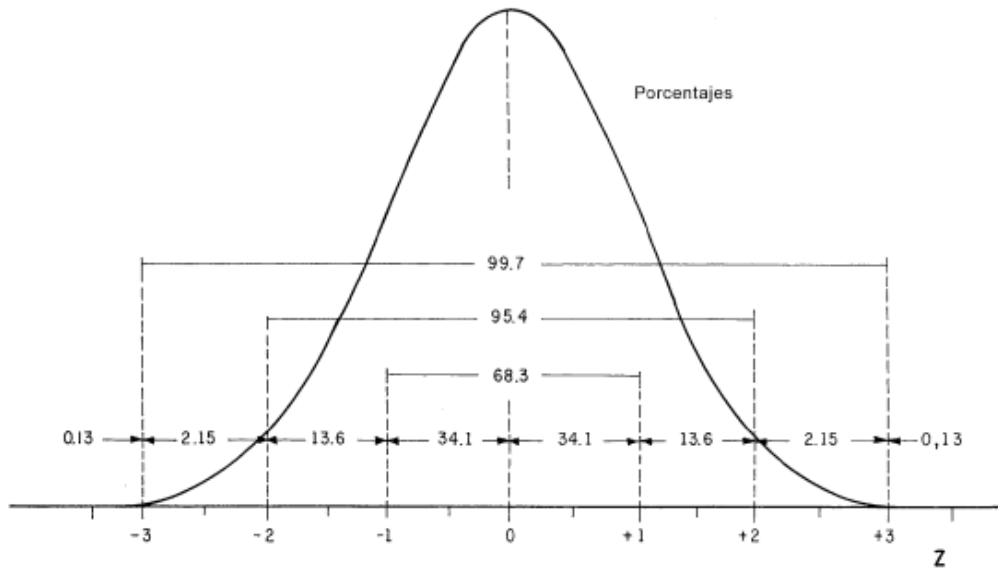


Figura 3: Área bajo la curva normal entre algunos puntos singulares

Fuente: Porrero, 2014

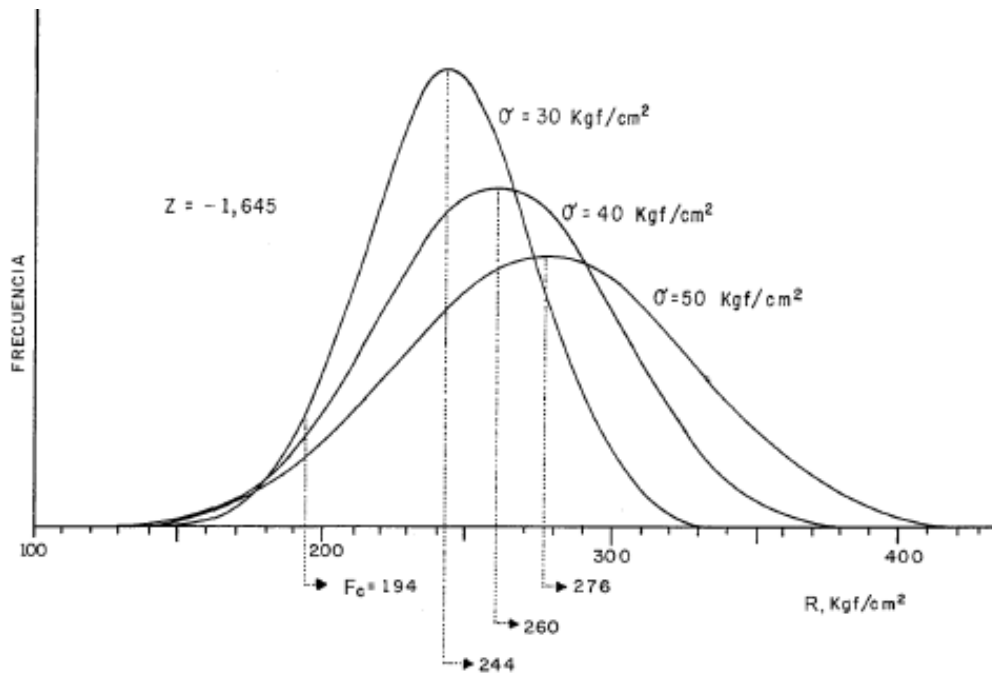


Figura 4: Distribución normal para tres concretos con igual resistencia especificada y distintos valores de desviación estándar.

Fuente: Porrero, 2014

El área bajo la curva normal representa la frecuencia o probabilidad de ocurrencia del fenómeno. Por tanto, como todos los datos posibles se encuentran bajo la curva, por lo tanto, el área total bajo la curva es igual uno, lo que representa una probabilidad del 100%. El área bajo la curva entre dos valores de la variable, representa la probabilidad de que se presenten resultados entre dichos valores. En general, cualquier valor de X_i de los señalados en la abscisa de la figura 5 se puede expresar con la siguiente ecuación. (Porrero, 2012)

$$X_i = \mu + z \sigma \quad (5)$$

Donde:

X_i = Valor cualquiera de resultado (Kg/cm²)

Z = Índice tipificado de la probabilidad.

En la tabla 2, se indica los valores de Z y el área bajo la curva de la distribución normalizada, los datos que no estén en dicha tabla se podrán calcular por método de interpolación y el área o probabilidades en tanto por uno, son resultados de la integral desde , hasta el valor Z indicado.

Tabla 2: Valores de Z y el área bajo la curva de la distribución normalizada

Área	Z	Área	Z	Área	Z	Área	Z
0,0006	-3,25	0,1469	-1,05	0,8749	+1,15	0,00001	-4,265
0,0007	-3,20	0,1537	-1,00	0,8849	+1,20	0,0001	-3,719
0,0009	-3,15	0,1711	-0,95	0,8944	+1,25	0,001	-3,090
0,0010	-3,10	0,1841	-0,90	0,9032	+1,30	0,005	-2,576
0,0011	-3,05	0,1977	-0,85	0,9115	+1,35	0,01	-2,326
0,0013	-3,00	0,2119	-0,80	0,9192	+1,40	0,02	-2,054
0,0016	-2,95	0,2266	-0,75	0,9265	+1,45	0,025	-1,960
0,0019	-2,90	0,2420	-0,70	0,9332	+1,50	0,03	-1,881
0,0022	-2,85	0,2578	-0,65	0,9394	+1,55	0,04	-1,751
0,0026	-2,80	0,2743	-0,60	0,9452	+1,60	0,05	-1,645
0,0030	-2,75	0,2912	-0,55	0,9505	+1,65	0,06	-1,555
0,0035	-2,70	0,3085	-0,50	0,9555	+1,70	0,07	-1,476
0,0040	-2,65	0,3264	-0,45	0,9599	+1,75	0,08	-1,405

0,0047	-2,60	0,3446	-0,40	0,9641	+1,80	0,09	-1,341
0,0054	-2,55	0,3632	-0,35	0,9678	+1,85	0,10	-1,282
0,0062	-2,50	0,3821	-0,30	0,9713	+1,90	0,15	-1,036
0,0071	-2,45	0,4013	-0,25	0,9744	+1,95	0,20	-0,842
0,0082	-2,40	0,4207	-0,20	0,9772	+2,00	0,25	-0,674
0,0094	-2,35	0,4404	-0,15	0,9798	+2,05	0,30	-0,524
0,0107	-2,30	0,4602	-0,10	0,9821	+2,10	0,35	-0,385
0,0122	-2,25	0,4801	-0,05	0,9842	+2,15	0,40	-0,253
0,0139	-2,20	0,5000	0,00	0,9861	+2,20	0,45	-0,126
0,0158	-2,15	0,5199	+0,05	0,9878	+2,25	0,50	0
0,0179	-2,10	0,5398	+0,10	0,9893	+2,30	0,55	+0,126
0,0202	-2,05	0,5596	+0,15	0,9906	+2,35	0,60	+0,253
0,0228	-2,00	0,5793	+0,20	0,9918	+2,40	0,65	+0,385
0,0256	-1,95	0,5987	+0,25	0,9929	+2,45	0,70	+0,524
0,0287	-1,90	0,6179	+0,30	0,9938	+2,50	0,75	+0,674
0,0322	-1,85	0,6368	+0,35	0,9946	+2,55	0,80	+0,842
0,0359	-1,80	0,6554	+0,40	0,9953	+2,60	0,85	+1,036
0,0401	-1,75	0,6736	+0,45	0,9960	+2,65	0,90	+1,282
0,0446	-1,70	0,6915	+0,50	0,9965	+2,70	0,91	+1,341
0,0495	-1,65	0,7088	+0,55	0,9970	+2,75	0,92	+1,405
0,0548	-1,60	0,7257	+0,60	0,9974	+2,80	0,93	+1,479
0,0606	-1,55	0,7422	+0,65	0,9978	+2,85	0,94	+1,555
0,0669	-1,50	0,7580	+0,70	0,9981	+2,90	0,95	+1,645
0,0736	-1,45	0,7734	+0,75	0,9984	+2,95	0,96	+1,751
0,0808	-1,40	0,7881	+0,80	0,9987	+3,00	0,97	+1,881
0,0885	-1,35	0,8023	+0,85	0,9989	+3,05	0,975	+1,960
0,0908	-1,30	0,8159	+0,90	0,9990	+3,10	0,98	+2,054
0,1058	-1,25	0,8289	+0,95	0,9992	+3,15	0,99	+2,326
0,1151	-1,20	0,8413	+1,00	0,9993	+3,20	0,995	+2,576
0,1251	-1,15	0,8531	+1,05	0,9994	+3,25	0,999	+3,090
0,1357	-1,10	0,8643	+1,10			0,9999	+3,719
						0,99999	+4,265

Fuente: Porrero, 2014

2.2.15 Resistencia Especificada en el Proyecto Estructural

Para el cálculo estructural se toma como resistencia de referencia del concreto la correspondiente a los ensayos de compresión que se hacen en probetas normalizadas del material. Pero los resultados de esos ensayos no son iguales entre sí, existen

variaciones porque la resistencia de un material no es un parámetro determinístico sino probabilístico; al respecto deben hacerse las siguientes consideraciones:

- a) La resistencia media no resulta adecuada como valor de referencia, ya que es independiente de la dispersión o variabilidad de los datos, dejando así fuera de control ese parámetro.
- b) Por seguridad de la estructura pareciera conveniente que ninguna parte del concreto que se coloca tuviera resistencia menor que un determinado valor $F'c$ escogido para el diseño. Sin embargo, los principios estadísticos señalan que no es posible establecer como resistencia para el ensayo normativo un valor mínimo.
- c) En la práctica se emplea como resistencia de referencia o resistencia de cálculo especificada en el proyecto estructural, $F'c$, un valor debajo del cual se acepta que quede una determinada fracción del concreto que se denomina 'fracción defectuosa', o cuantil (véase Figura 4).

2.2.16 Implicación del Control en la Seguridad

La resistencia de proyecto $F'c$, es establecida basándose en los requerimientos estructurales y, obviamente, en las posibilidades técnicas de fabricar el concreto solicitado. La fracción defectuosa está intrínsecamente establecida en las normas de cálculo, un ejemplo de ello es que para el cálculo de estructuras especiales (reactores nucleares, represas de concreto, etc.) dichas normas suelen considerar cuantiles más reducidos o una mayoración de las acciones. Una vez fijado los valores de $F'c$ y fracción defectuosa o probabilidad de no excedencia, debe mantenerse tanto en el diseño de mezcla como en el diseño estructural y la comprobación de los valores debe cumplir el seleccionado.

De no cumplirse los requisitos de resistencia especificada en el proyecto o la fracción defectuosa resulte ser mayor, el concreto tendrá una calidad inferior a la prevista y por tanto se estará afectando la seguridad de la obra, y si, por el contrario, el concreto cumple ambos requisitos, la posibilidad de que elabore un volumen sustancial de concreto con resistencia baja que pueda amenazar la seguridad de la estructura,

resulta altamente improbable. En la práctica, pueden aparecer valores de resistencia anormalmente bajo, debido, entre otros a errores accidentales u ocasionales, por lo que se deben tratar de manera especial y en caso de comprobarse la anomalía, no deben formar parte de la población de datos que representan al concreto producido. (Porrero, 2012)

2.2.17 Mayoración de Resistencias

Para poder satisfacer la resistencia de cálculo $F'c$ exigida, la resistencia media del concreto a ser vaciado $F'cr$ debe ser mayor que aquella, ya que la fracción defectuosa permitida es relativamente pequeña. El aumento necesario para pasar de la resistencia $F'c$ al valor medio requerido $F'cr$, va a depender del valor de la fracción defectuosa normativa y del grado de dispersión de los resultados. Se obtendrá a través de la siguiente formula:

$$F'c = F'c \quad (6)$$

Despejando la resistencia media requerida, se obtiene:

$$F'cr = F'c - \quad (7)$$

La condición de diseño requiere que en todos los casos $F'cr \geq F'c - z$; z tendrá un valor negativo para que la probabilidad de excedencia sea suficientemente alta (mayor que 50%). En la Norma COVENIN 1753, el valor adoptado para z es igual a -1,34, lo cual implica una probabilidad de no excedencia de $F'c$ igual al 9%; es decir, de 100 ensayos, en término medio, 91 darán resistencias mayores que $F'c$.

La resistencia media $F'cr$ que debe ser alcanzada con los materiales y la tecnología disponible, es un problema de diseño de mezclas. Una vez lograda y mantenida, ella garantiza que se están cumpliendo los requisitos de resistencia $F'cr$ y de fracción defectuosa y, por tanto, se asegura la resistencia $F'c$ supuesta en el proyecto estructural, siempre que la dispersión se mantenga por debajo de lo establecido.

2.2.18 Desviación Estándar Conocida

2.2.18.1 Al Menos 30 Ensayos

Si se dispone de suficientes antecedentes de un concreto análogo al que se va a comenzar a utilizar, el valor de ese conjunto de datos puede ser empleado para el cálculo de F'_{cr} , siempre y cuando se tenga previsto emplear: El mismo control de los materiales componentes, el mismo equipo y las mismas condiciones de trabajo. Se presupone que los datos del concreto anterior provienen de más de 30 ensayos, o de dos grupos de ensayos consecutivos que totalizan por lo menos 30 ensayos, y que el valor de F'_c de ese concreto, no es muy diferente del F'_c del nuevo concreto; en las Normas vigentes esa diferencia no debe ser superior a 70 kg/cm^2 .

La desviación estándar podrá determinarse cuando la planta de producción del concreto tenga un registro aceptable de ensayos. De acuerdo con la Norma COVENIN 1753, el registro de ensayos se considerará aceptable cuando se cumpla con las tres condiciones siguientes:

Representar los materiales, los procedimientos de control de calidad y condiciones similares a las que se esperan en obra, con cambios en los materiales y las dosificaciones en los registros de ensayo, tan amplios como aquellos que se esperan en la obra a construir.

Representar un concreto cuya resistencia F'_c esté dentro del límite de $\pm 70 \text{ kgf/cm}^2$ de la que se especifique para la obra a ejecutar.

Representar por lo menos 30 ensayos consecutivos o dos grupos de ensayos consecutivos, que totalicen por lo menos 30 ensayos.

2.2.18.2 Menos de 30 Ensayos

Cuando sólo se dispone de un registro con 15 a 29 ensayos, que corresponda a un período no menor de 45 días y se satisfaga de la citada Norma COVENIN 1753 se autoriza la determinación de S multiplicando la desviación estándar del registro de 15 a 29 ensayos consecutivos, por los factores de modificación que se reproducen en la tabla 3.

Tabla 3: Factores de modificación para la desviación estándar cuando se dispone de menos de 30 ensayos consecutivos

Numero de Ensayos	Factor de Modificación
<15	Usar la tabla 4
15	1.16
20	1.08
25	1.03
	1.00

Fuente: Porrero, 2014

Tabla 4: Resistencia promedio a la compresión requerida, F'_{cr} , cuando no se dispone de datos para establecer la desviación estándar

Resistencia Especificada a la Compresión F'_c (kg/cm ²)	Resistencia Requerida a la Compresión		
	Control de Calidad Excelente	Control de Calidad Intermedio	Sin Control de Calidad
Menor de 210	$F'_c + 45$	$F'_c + 80$	$F'_c + 130$
De 210 a 350	$F'_c + 60$	$F'_c + 95$	$F'_c + 170$
Más de 350	$F'_c + 75$	$F'_c + 110$	$F'_c + 210$

Fuente: Porrero, 2014

2.2.19 Desviación Estándar Cuando No Hay Suficientes Antecedentes

El único parámetro que puede resultar impreciso en la fórmula (6) . Cuando no se cuenta con resultados de ensayos hechos en mezclas preparadas con los mismos materiales, equipo y tecnología a usar, o cuando el número de ensayos es insuficiente, el valor que cuantifica la dispersión resulta mal conocido o desconocido. En ese caso es preciso acudir a los antecedentes que ofrece la tecnología general del concreto, respecto a la variabilidad normal esperada de las mezclas.

La Tabla 5 caso. Por razones de seguridad, y muy particularmente en los procesos de iniciación de una obra, a los efectos del diseño de la mezcla resulta aconsejable aumentar en un 30% los valores de dicha tabla, al llevarlos a la fórmula (6). La Tabla 5 sólo debe ser entendida como una herramienta para ayudar a establecer las condiciones en que, con seguridad, se podrá cumplir con las exigencias de la resistencia de cálculo y de los

niveles de aceptación. Una vez adelantado el proceso de elaboración y de ensayo de las e podrá ir ajustando a la realidad.

Se debe advertir que las pruebas de laboratorio se hacen con la finalidad de precisar la resistencia media que será posible obtener con unos determinados materiales componentes y su dosificación, pero no miden el grado de dispersión que podrá alcanzar el concreto en la obra, el cual depende de circunstancias ajenas a estos ensayos. A medida que se van obteniendo resultados de los ensayos hechos al concreto de S correspondiente al material. Llegará un momento cuando la desviación estándar, calculada de esos siguiente tabla.

Tabla 5: Valores de la desviación estándar que son de esperar en el concreto, según el grado de control

Descripción del Grado de Control	²⁾
Sin ningún control (Inaceptable en estructuras de edificaciones)	70
Control visual de los agregados y rechazos de aquellos que aparentan muy mala calidad o que son muy diferentes de los que se están usando. Control visual de las mezclas por la trabajabilidad aparente (Control Pobre)	50
Como en el anterior, pero se conocen las granulometrías de los agregados que se están usando por ensayos que se hicieron una vez; se es riguroso en el rechazo de agregados y se comprueban de vez en cuando los asentamientos de las mezclas con el Cono de Abrams (Control Intermedio)	40
A cada lote de agregados se le determina algún índice granulométrico y de calidad; solo se aceptan los que estén dentro de ciertos límites pre-establecidos. Se controla la humedad de los agregados. Se tiene en cuenta la marca y lote de cemento. La dosificación es exclusivamente	32

<p>por peso; los sistemas de pesaje son automáticos y son calibrados ocasionalmente. El asentamiento con el Cono se mide sistemáticamente y se rechazan las mezclas que no estén dentro de ciertos límites. No se permite la adición de agua posterior al mezclado, ni el espesamiento de las mezclas por tiempo de espera (Control Bueno)</p>	
<p>Igual que el anterior, pero con márgenes de aceptación muy estrictos. Uso de al menos tres agregados de granulometrías complementarias. Limitación de la humedad de los agregados en el momento de su uso y, además, correcciones por humedad, lote, y marca de cemento y aditivo, efectuadas mediante ajustes en el diseño. Revisión y calibración de los equipos de forma periódica y sistemática. (Control Excelente)</p>	25

Fuente: Porrero, 2014

2.2.20 Tipos de Dispersiones

2.2.20.1 Variación Dentro del Ensayo

En este artículo Porrero (2012) lo define de la siguiente forma:

“Si de una mezcla de concreto se elabora un número suficiente de pruebas, con sus resultados se podrá cuantificar la dispersión propia del ensayo para esa mezcla. Si se hace otra mezcla del mismo concreto y de ellas también se realizan suficientes pruebas, se obtendrán nuevas estimaciones de la dispersión con la cual se está trabajando. Llamamos $Se_1, Se_2, \dots, Se_i, \dots, Se_n$ a las respectivas desviaciones estándar, el promedio de ellas constituye una mejor estimación de las desviaciones de ese ensayo, y para ese concreto, la cual se designa Se ”

De igual forma el autor indica que para poder ser confiable dicho promedio, se debe tener al menos 30 resultados de las probetas, provenientes de al menos 10 ensayos de mezcla diferente. Por otro lado, los ensayos mal hechos, pueden arrojar valores erróneos, por lo que solo servirán de orientación, pudiéndose dar el caso de disminuir la magnitud y por ende mejorar las técnicas y el personal de ensayo. En la Tabla 6 se

anotan valores usuales de S_e , según las distintas condiciones de control con que se hagan los ensayos. Estos valores sirven de orientación.

Tabla 6: Desviación estándar de los ensayos, S_e

Lugar de Ensayo	Control Pobre	Control Intermedio	Control Excelente
Obra		9 - 12	
Laboratorio		7 - 9	

Fuente: Porrero, 2014

2.2.20.2 Variación Entre Mezclas de un Mismo Concreto

Si los ensayos que se realizan a cada mezcla, son representados por un valor medio y luego se calcula la desviación estándar entre las medias de las sucesivas mezclas correspondientes a un mismo concreto, obtenemos la dispersión entre mezclas, de igual for

este es el valor que se debe emplear para la mayoración de la resistencia. La desviación estándar calculada a través de este procedimiento se ve afectado por la variabilidad del ensayo (S_e); si esta última es mucho menor que la primera, como debe ser, la influencia no es sustancial, y menor porque sus valores se suman en forma cuadrática como lo indica la ecuación, donde c_{con} representa la variabilidad del material.

$$^2 = c_{con}^2 + S_e^2 \quad (8)$$

Donde:

= desviación standard

c_{con} = Desviación standard del concreto, excluyendo los ensayos

S_e = Desviación standard de los ensayos.

2.3 Definición de Términos Básicos

Absorción: es el incremento de la masa del agregado debido al agua en los poros del material, pero sin incluir el agua adherida a la superficie exterior de las partículas, expresado como un porcentaje de la masa seca.

Agregado: material inerte, natural o artificial que se presenta en formas y tamaño variado, cuya función es actuar como esqueleto estructural en morteros y concretos. Estos abarcan del 60 y 80% del volumen del concreto.

Agregado Fino: se define como aquel que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas.

Agregado Grueso: es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas; puede a su vez clasificarse en piedra picada y grava.

Asentamiento: medida de la consistencia del concreto fresco, en cm o en pulgadas; que se mide como la diferencia de altura entre el molde y el centro de la cara superior del cono deformado de concreto, al realizar el ensayo por medio del cono de Abrams.

Cilindros: son un muestreo que se utiliza para realizar ensayos mecánicos del concreto endurecido. (Ver Figura 2)



Figura 5: Cilindros

Fuente: DAMEC, 2016

Cohesividad: acción y efecto de atraerse o adherirse dos moléculas. Es una de las propiedades principales del concreto.

Concreto Base o Patrón: mezcla de concreto sin aditivo.

Curado: tratamiento del concreto para evitar la pérdida de agua que necesita el cemento para su hidratación.

Daracem 100: es un superfluidificante, también llamado superplastificante o reductor de agua de alto rango; es el primero especialmente formulado para una vida prolongada del asentamiento.

Densidad aparente (SSS): es la relación entre la masa en el aire de un volumen dado de agregado, incluyendo la masa del agua dentro de los poros saturables, después de la inmersión en agua durante (24 ± 4) h, pero sin incluir los vacíos entre las

partículas, comparado con la masa de un volumen igual de agua destilada libre de gas a una temperatura establecida.

Dosificación: proporción de los distintos elementos que constituyen la muestra en peso o volumen.

Durabilidad: es la habilidad para resistir la acción del intemperismo, ataque químico, abrasión o cualquier otro proceso de deterioro del concreto.

Encofrado: es un molde de madera o acero donde se vacía el concreto que tiene por objetivo contener la armadura y el concreto durante el proceso de fraguado. Deberán impedir la transmisión de esfuerzos a la masa de concreto hasta el momento de removerlas. (Ver Figura 3)



Figura 6: Encofrado

Fuente: Cruz & Hands, 2018

F’c: Resistencia a la compresión del concreto.

F’cr: Resistencia promedio a la compresión del concreto requerida.

Fraguado: es el proceso de endurecimiento del cemento, mortero o concreto, a través de complejas reacciones.

Granulometría: la granulometría es la medición de los granos de una formación sedimentaria y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica con fines de análisis tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas.

Mezcla: cantidad de concreto que se prepara en una sola operación o terceo. (Ver Figura 7)



Figura 7: Mezcla de Concreto

Fuente: SERVI CONCRETO VALENCIA, S.L.R., 2017

Módulo de Finura: valor que se obtiene sumando los porcentajes de los acumulados sobre los cedazos de la serie normativa y dividiendo la suma entre cien.

Penetrómetro: es un instrumento que está diseñado para determinar el tiempo de fraguado de concreto fresco para uso en el campo y laboratorio.

Peso Específico: relación entre el peso de una sustancia y su volumen.

Relación Agua/Cemento: es el cociente entre el peso del contenido de agua libre de mezclado y el cemento en una mezcla dada.

es el coeficiente en peso entre la arena y el agregado total.

Resistencia: es el estudio de las propiedades de los cuerpos sólidos que les permite resistir la acción de las fuerzas externas, el estudio de las fuerzas internas en los cuerpos y de las deformaciones ocasionadas por las fuerzas externas. (ARQHYS, 2012)

Terceo: volumen de $1/25 \text{ m}^3$ de concreto mezclado en el trompo para la obtención del volumen necesario para la población de cilindros.

Trabajabilidad: es la mayor o menor facilidad que presenta un concreto o mortero para ser mezclado, transportado y colocado, apropiadamente sin que se produzca segregación.

Trompo: son máquinas equipadas con motores eléctricos o de gasolina, diseñadas para mezclar ciertas cantidades de concreto.

WRDA 79: es una solución de lignosulfonato de alta pureza, conteniendo un catalizador que produce una hidratación rápida y completa del cemento Portland. Es un aditivo reductor de agua (Tipo A).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de Investigación

Este trabajo de investigación es considerado del tipo factible debido a que su objetivo principal es solventar las necesidades de una población determinada a través de propuestas analizadas con el fin de que sea posible en todo su desarrollo. Según Balestrini (2002), los proyectos factibles son aquellos proyectos o investigaciones que proponen la formulación de modelos, sistemas entre otros, que dan soluciones a una realidad o problemática real planteada, la cual fue sometida con anterioridad o estudios de las necesidades a satisfacer.

3.2 Nivel de Investigación

En la realización del presente trabajo de grado, se plantea la investigación del mismo en forma descriptiva, la cual consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento.

La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. (Arias, 2012). Por lo antes citado, el presente trabajo se basa en hacer un estudio comparativo entre un concreto con aditivo plastificante (WRDA 79) y uno superplastificante (Daracem 100), ambos de GRACE de Venezuela.

3.3 Diseño de la Investigación

La investigación según su diseño se trabajó como tipo experimental. Arias (1999) define estos diseños de la siguiente manera:

Investigación Experimental: proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos a determinadas condiciones o estímulos (variable independiente), para observar los efectos que se producen (variable dependiente).

3.4 Población y Muestra

Población

Una población es aquella que está determinada por sus características definitorias. Por lo tanto, el conjunto de elementos que esta posea se le denominará población y universo. Población es la totalidad del fenómeno a estudiar, donde las unidades de totalidad del área que se va a investigar poseen una característica común. (Tamayo y Tamayo).

Muestra

La muestra, según Hernández, Fernández y Baptista (1994), se concibe como: “Un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población” (p.212). Es por esto que se entiende como una agrupación de unidades de una porción total del universo. En otro sentido más específico, no es más que una parte del todo al que se le llama población y que esta porción antes mencionada sirve para ser representada como parte de la investigación.

Con lo citado anteriormente, por el carácter de este trabajo se establecerá una población de 7 mezclas de concreto a estudiar; y una muestra de 210 cilindros, divididos en grupos de 30, y estos a su vez en 3 subgrupos de 10 representando las edades de 3, 7 y 28 días respectivamente.

3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Arias (1999), define las técnicas como: “Las distintas formas o maneras de obtener la información”, mientras que los instrumentos son: “Los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información”

Técnicas

Según Tamayo (2007), la observación directa es: "aquella en la cual el investigador puede observar y recoger datos mediante su propia observación".

Dicho lo anteriormente, los ensayos de los cilindros de concreto en el laboratorio serán organizados en tablas de datos para cada uno de los días de rotura de cilindros, en las que se indica: N° de cilindro, fecha de vaciado, resistencia requerida,

asentamiento, fecha de ensayo, área, carga de ruptura, resistencia a compresión y resistencia obtenida/resistencia requerida.

Instrumentos

- Balanza
- Bolígrafo
- Carretilla
- Cilindros graduados de 500 ml y 1000 ml
- Computadora (Laptop)
- Cono de Abrams
- Encofrados metálicos
- Máquina Universal de Esfuerzo
- Papel
- Romana
- Software para registro de ensayos
- Tamizador
- Trompo mezclador

3.6 Fases de la Investigación

Para lograr llevar a cabo la investigación, será necesario el planteamiento de un esquema metodológico que permitirá mantener un orden cronológico con el fin de cumplir los objetivos de este trabajo de grado.

Fase I. Comparar la relación agua/cemento del concreto con cada aditivo en diferentes dosis.

En esta primera fase se buscará comparar la trabajabilidad entre los diferentes tipos de mezclas, que estarán divididas en 7 tipos, 3 con el aditivo WRDA 79 en dosis mínima, media y máxima, 3 con el Daracem 100 en las mismas dosis, y un concreto base. Para ser realizadas dichas mezclas es necesario pesar los materiales a utilizar según el diseño de mezcla obtenido para así proceder en la elaboración de un concreto trabajable con un asentamiento de 5", el cual se podrá verificar a través del ensayo de

asentamiento con el uso del Cono de Abrams; las propiedades relacionadas con la trabajabilidad incluyen consistencia, segregación, movilidad, bombeabilidad, exudación y facilidad de acabado. La consistencia es considerada una buena indicación de trabajabilidad.

Fase II. Analizar la incidencia en los costos del concreto de acuerdo a su uso.

De acuerdo a los resultados que se puedan obtener en esta fase, se analizarán los costos de cada concreto en función a las dosis utilizadas y las resistencias obtenidas, estos costos serán analizados al momento del ensayo con los precios de cada aditivo, los cuales serán proporcionados por la empresa GRACE de Venezuela.

Fase III. Verificar la ganancia de resistencia con la adición de los aditivos.

Esta última fase consiste en la verificación a través de los ensayos de compresión a los que serán sometidos cada cilindro de diferentes edades y tipo de mezclas, con el uso de la prensa se obtendrá el valor de la carga de ruptura, lo cual permitirá calcular la resistencia de los cilindros a ensayar.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Diseño de Mezclas

El diseño de mezcla utilizado para esta tesis, se calculó utilizando la norma ACI 211.1

- Asentamiento de 5" = 12,70cm
- Tamaño máximo del agregado, piedra picada #1
- Estimación del agua (kg/m³) de mezclado y contenido de aire (%)

Tabla 7: Estimación de agua y contenido de aire

Agua, kg/m ³ de concreto para los tamaños máximos nominales de agregado indicados								
Asentamiento	1,0cm	1,25cm	2,0cm	2,5cm	4,0cm	5,0cm	7,0cm	1,50cm
8cm – 10 cm	225	215	200	195	175	170	160	140
15cm – 18cm	240	230	210	205	185	180	170	-
% Aproximado de aire atrapado	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2

Fuente: ACI 211.1

Agua: 200,40 kg/m³

Volumen de aire: 1,5%

- Relación agua/cemento

Resistencia promedio (F'_{cr}) = 1,20 * f'_c

$$F'_{cr} = 1,20 * 250 = 300 \text{ kg/cm}^2$$

$$a/c = 0,55$$

- Cálculo del contenido de cemento

$$\text{Contenido de Cemento} = \frac{\text{Agua}}{a/c} = \frac{200,40}{0,55} = 364,36 \text{ kg}$$

- Estimación del agregado grueso

Tabla 8: Estimación del agregado grueso

Tamaño máximo del agregado		Volumen de agregado por m ³ de concreto, para diferentes módulos de finura de arena					M.F.
m.m.	pulg.	2,40	2,60	2,80	3,00	3,50	
10	3/8	0,50	0,48	0,46	0,44	0,39	
12,5	1/2	0,59	0,57	0,55	0,53	0,48	
20	3/4	0,66	0,64	0,62	0,60	0,55	
25	1	0,71	0,69	0,67	0,65	0,60	
40	1 ^{1/2}	0,76	0,74	0,72	0,70	0,65	
50	2	0,78	0,76	0,74	0,72	0,67	
70	3	0,81	0,79	0,77	0,75	0,70	
150	6	0,87	0,85	0,83	0,81	0,76	

Fuente: ACI 211.1

$$\text{M.F.} = 3,37 \text{ (Anexo 1)} \quad 0,613$$

$$\text{Peso Unitario Compacto (Piedra Picada)} = 1638 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso Agregado Grueso} = 0,613 * 1638 = 1094,09 \text{ kg}$$

- Estimación del contenido de agregado fino

Tabla 9: Estimación del agregado fino

Tamaño máximo del agregado		Peso del concreto kg/m ³	
m.m.	pulg.	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
10	3/8	2285	2190
12,50	1/2	2315	2235
20	3/4	2355	2280
25	1	2375	2315
40	1 ^{1/2}	2420	2355
50	2	2445	2375
70	3	2465	2400
150	6	2505	2435

Fuente: ACI 211.1

$$\text{Peso del Concreto} = 2375 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua} = 200,40 \text{ kg}$$

$$\text{Cemento} = 364,36 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado Grueso} = 1094,09 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} + \text{Cemento} + \text{Agregado Grueso} = 1658,85 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Agregado Fino} &= 2375 \text{ kg} - 1658,85 \text{ kg} = 716,15 \text{ kg} \\ &= \frac{\text{Arena}}{\text{Arena} + \text{Piedra}} = \frac{716,15}{716,15 + 1094,09} = 0,40 \end{aligned}$$

Luego de un ajuste por ensayos sucesivos a través de mezclas de prueba, se optimizó el diseño teórico para obtener una mejor trabajabilidad del concreto, la cual fue utilizada para realizar las mezclas correspondientes con cada aditivo en las diferentes dosificaciones, quedando esta de la siguiente manera:

Diseño de Mezcla Corregido

$$\begin{aligned} \text{Agua} &= 200,40 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Cemento} &= 364,36 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Piedra Picada} &= 814,61 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Arena} &= 995,63 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Total} &= 2375 \text{ kg/m}^3 \text{ de concreto} \\ a/c &= 0,55 \end{aligned}$$

4.2 Reducción de Agua

Tabla 10: Reducción de Agua

Aditivo	Dosis	Porcentaje de reducción de agua (%)
WRDA 79	Mínima (120 ml)	4,94
	Media (180 ml)	6,70
	Máxima (240 ml)	10,83
Daracem 100	Mínima (48,26 ml)	6,45
	Media (115,70 ml)	14,27
	Máxima (181,82 ml)	16,32

Fuente: Cruz & Hands, 2018

4.3 Relación Agua/Cemento

Tabla 11: Relación agua/cemento

	Agua (Lts)	Cemento (kg)	a/c
Diseño Base Corregido	7,29	14,60	0,50
WRDA 79 min	6,95	14,60	0,48
WRDA 79 media	6,90	14,60	0,47
WRDA 79 max	6,50	14,60	0,45

Daracem 100 min	6,82	14,60	0,47
Daracem 100 media	6,25	14,60	0,43
Daracem 100 max	6,10	14,60	0,42

Fuente: Cruz & Hands, 2018

4.4 Incidencia de los Aditivos en el Costo del Concreto

Tabla 12: Costo de Aditivos vs Uso

Dosis	WRDA 79		Daracem 100	
	Litros	Bs	Litros	Bs
min	1,05	28980	1,20	36600
media	1,65	45540	2,89	88145
max	2,07	57132	4,54	138470

Fuente: Cruz & Hands, 2018

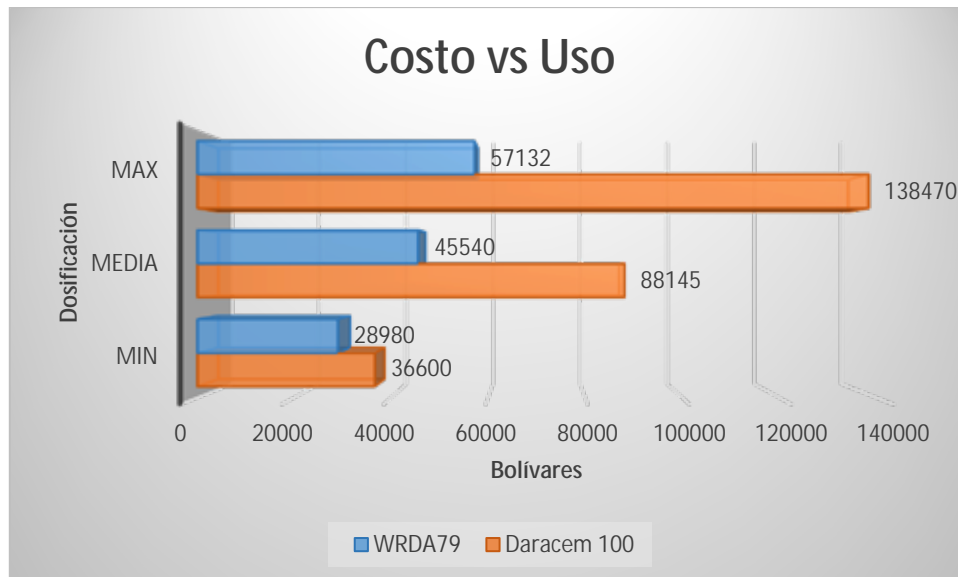



Figura 8: Costo de Aditivos vs Uso

Fuente: Cruz & Hands, 2018

En la figura 5 se puede observar la variación de precios de acuerdo a la dosificación o uso de cada aditivo.

4.4 Tablas de Resistencias

Tabla 13: Resistencia a Compresión del Concreto Base, 3 días

	Ensayo a Compresión en Cilindros de Concreto	Fecha:
		16/9/2017

Solicitante: R. Cruz; R. Hands

Id. Mezcla: Concreto Base Original

Id. Cilindro	Fecha de Elaboración	Resistencia Requerida Kg/cm2	Asentamiento Pulg	Fecha de Ensayo	Diámetro cm	Altura cm	Área cm2	Edad de Ensayo días	Carga de ruptura kg	Resistencia a compresión kg/cm2	Resistencia obtenida/ requerida %
1	13/9/2017	250	5"	16/9/2017	15	30	176,71	3	33120	187,42	74,97
2	13/9/2017	250	5"	16/9/2017	15	30	176,71	3	32370	183,18	73,27
3	13/9/2017	250	5"	16/9/2017	15	30	176,71	3	32850	185,89	74,36
4	13/9/2017	250	5"	16/9/2017	15	30	176,71	3	33110	187,36	74,95
5	13/9/2017	250	5"	16/9/2017	15	30	176,71	3	32400	183,35	73,34
6	13/9/2017	250	5"	16/9/2017	15	30	176,71	3	32995	186,71	74,69
7	13/9/2017	250	5"	16/9/2017	15	30	176,71	3	32475	183,77	73,51
8	13/9/2017	250	5"	16/9/2017	15	30	176,71	3	32760	185,38	74,15
9	13/9/2017	250	5"	16/9/2017	15	30	176,71	3	32600	184,48	73,79
10	13/9/2017	250	5"	16/9/2017	15	30	176,71	3	33050	187,02	74,81
Prom:										185,46	

Fuente: Cruz & Hands, 2018

Tabla 14: Resistencia a Compresión del Concreto Base, 7 días

	Ensayo a Compresión en Cilindros de Concreto	Fecha:
		20/9/2017


Solicitante: R. Cruz; R. Hands

Id. Mezcla: Concreto Base Original

Id. Cilindro	Fecha de Elaboración	Resistencia Requerida	Asentamiento	Fecha de Ensayo	Diámetro	Altura	Área	Edad de Ensayo	Carga de ruptura	Resistencia a compresión	Resistencia obtenida/ requerida
		Kg/cm2	Pulg							kg/cm2	%
1	13/9/2017	250	5"	20/9/2017	15	30	176,71	7	42900	242,76	97,11
2	13/9/2017	250	5"	20/9/2017	15	30	176,71	7	41200	233,14	93,26
3	13/9/2017	250	5"	20/9/2017	15	30	176,71	7	42050	237,95	95,18
4	13/9/2017	250	5"	20/9/2017	15	30	176,71	7	40950	231,73	92,69
5	13/9/2017	250	5"	20/9/2017	15	30	176,71	7	42560	240,84	96,34
6	13/9/2017	250	5"	20/9/2017	15	30	176,71	7	41775	236,40	94,56
7	13/9/2017	250	5"	20/9/2017	15	30	176,71	7	42120	238,35	95,34
8	13/9/2017	250	5"	20/9/2017	15	30	176,71	7	41180	233,03	93,21
9	13/9/2017	250	5"	20/9/2017	15	30	176,71	7	42390	239,88	95,95
10	13/9/2017	250	5"	20/9/2017	15	30	176,71	7	42400	239,93	95,97
Prom:										237,40	

Fuente: Cruz & Hands, 2018

Tabla 15: Resistencia a Compresión del Concreto Base, 28 días

	Ensayo a Compresión en Cilindros de Concreto	Fecha:
		11/10/2017

Solicitante: R. Cruz; R. Hands

Id. Mezcla: Concreto Base Original

Id. Cilindro	Fecha de Elaboración	Resistencia Requerida	Asentamiento	Fecha de Ensayo	Diámetro	Altura	Área	Edad de Ensayo	Carga de ruptura	Resistencia a compresión	Resistencia obtenida/ requerida
		Kg/cm2	Pulg							kg/cm2	%
1	13/9/2017	250	5"	11/10/2017	15	30	176,71	28	51040	288,83	115,53
2	13/9/2017	250	5"	11/10/2017	15	30	176,71	28	50620	286,45	114,58
3	13/9/2017	250	5"	11/10/2017	15	30	176,71	28	50200	284,07	113,63
4	13/9/2017	250	5"	11/10/2017	15	30	176,71	28	50750	287,19	114,87
5	13/9/2017	250	5"	11/10/2017	15	30	176,71	28	51220	289,85	115,94
6	13/9/2017	250	5"	11/10/2017	15	30	176,71	28	50790	287,41	114,97
7	13/9/2017	250	5"	11/10/2017	15	30	176,71	28	50985	288,52	115,41
8	13/9/2017	250	5"	11/10/2017	15	30	176,71	28	51300	290,30	116,12
9	13/9/2017	250	5"	11/10/2017	15	30	176,71	28	50235	284,27	113,71
10	13/9/2017	250	5"	11/10/2017	15	30	176,71	28	49920	282,49	113,00
Prom:										286,94	

Fuente: Cruz & Hands, 2018

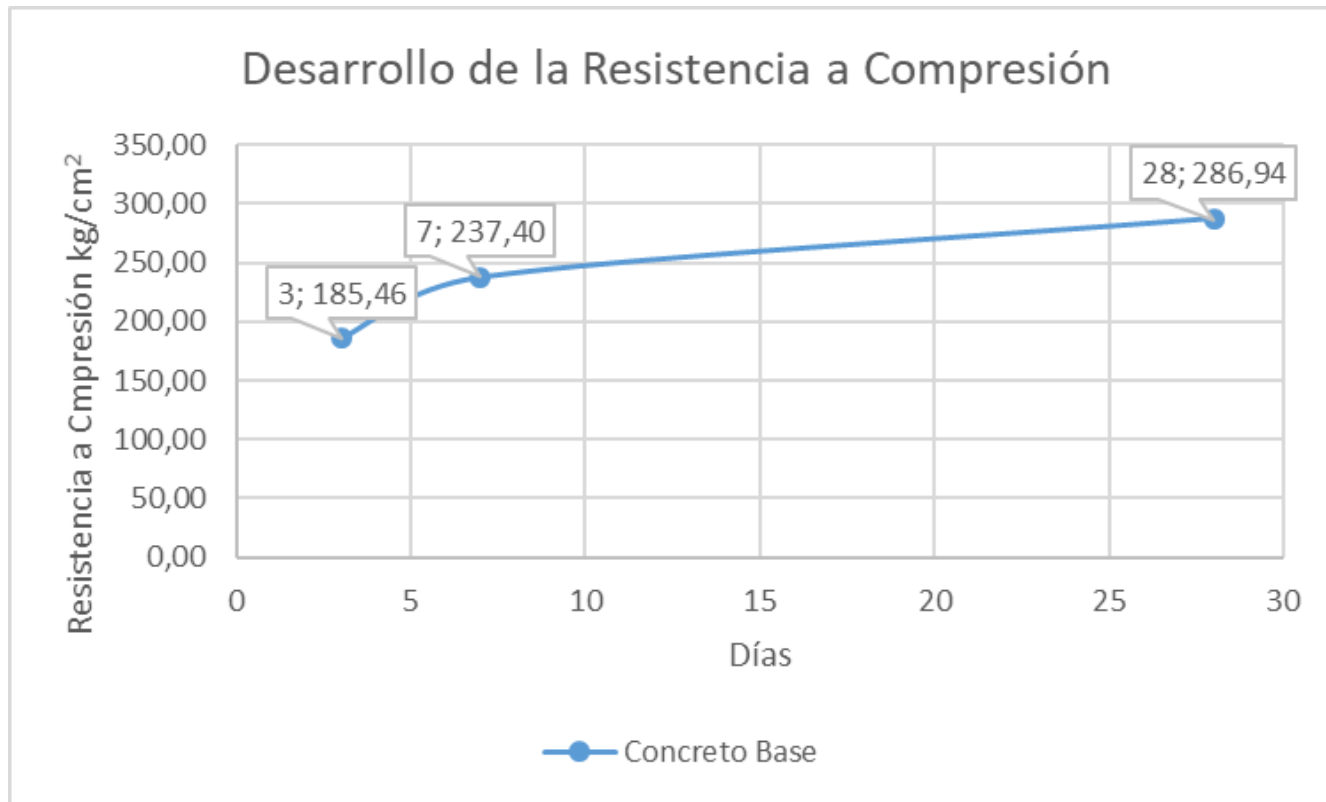


Figura 9: Resistencia a Compresión del Concreto Base

Fuente: Cruz & Hands, 2018

En la figura 9 se pueden observar las resistencias del concreto base, a las edades de 3, 7 y 28 días.

Tabla 16: Resistencia a Compresión del Concreto Base Corregido, 3 días

	Ensayo a Compresión en Cilindros de Concreto	Fecha:
		16/9/2017

Solicitante: R. Cruz; R. Hands

Id. Mezcla: Concreto Base Corregido

Id. Cilindro	Fecha de Elaboración	Resistencia Requerida Kg/cm2	Asentamiento Pulg	Fecha de Ensayo	Diámetro cm	Altura cm	Área cm2	Edad de Ensayo días	Carga de ruptura kg	Resistencia a compresión kg/cm2	Resistencia obtenida/ requerida %
1	13/9/2017	250	5"	16/9/2017	15	30	176,71	3	34420	194,78	77,91
2	13/9/2017	250	5"	16/9/2017	15	30	176,71	3	33470	189,40	75,76
3	13/9/2017	250	5"	16/9/2017	15	30	176,71	3	33715	190,79	76,32
4	13/9/2017	250	5"	16/9/2017	15	30	176,71	3	33210	187,93	75,17
5	13/9/2017	250	5"	16/9/2017	15	30	176,71	3	33050	187,02	74,81
6	13/9/2017	250	5"	16/9/2017	15	30	176,71	3	34490	195,17	78,07
7	13/9/2017	250	5"	16/9/2017	15	30	176,71	3	35110	198,68	79,47
8	13/9/2017	250	5"	16/9/2017	15	30	176,71	3	33920	191,95	76,78
9	13/9/2017	250	5"	16/9/2017	15	30	176,71	3	34430	194,83	77,93
10	13/9/2017	250	5"	16/9/2017	15	30	176,71	3	33385	188,92	75,57
									Prom:	191,95	

Fuente: Cruz & Hands, 2018

Tabla 17: Resistencia a Compresión del Concreto Base Corregido, 7 días

	Ensayo a Compresión en Cilindros de Concreto	Fecha:
		20/9/2017

Solicitante: R. Cruz; R. Hands

Id. Mezcla: Concreto Base Corregido

Id. Cilindro	Fecha de Elaboración	Resistencia Requerida	Asentamiento	Fecha de Ensayo	Diámetro	Altura	Área	Edad de Ensayo	Carga de ruptura	Resistencia a compresión	Resistencia obtenida/ requerida
		Kg/cm2	Pulg							kg/cm2	%
1	13/9/2017	250	5"	20/9/2017	15	30	176,71	7	42410	239,99	96,00
2	13/9/2017	250	5"	20/9/2017	15	30	176,71	7	42160	238,58	95,43
3	13/9/2017	250	5"	20/9/2017	15	30	176,71	7	42325	239,51	95,80
4	13/9/2017	250	5"	20/9/2017	15	30	176,71	7	43250	244,74	97,90
5	13/9/2017	250	5"	20/9/2017	15	30	176,71	7	41330	233,88	93,55
6	13/9/2017	250	5"	20/9/2017	15	30	176,71	7	42305	239,40	95,76
7	13/9/2017	250	5"	20/9/2017	15	30	176,71	7	43010	243,39	97,35
8	13/9/2017	250	5"	20/9/2017	15	30	176,71	7	41780	236,43	94,57
9	13/9/2017	250	5"	20/9/2017	15	30	176,71	7	42180	238,69	95,48
10	13/9/2017	250	5"	20/9/2017	15	30	176,71	7	41985	237,59	95,03
Prom:										239,22	

Fuente: Cruz & Hands, 2018

Tabla 18: Resistencia a Compresión del Concreto Base Corregido, 28 días

	Ensayo a Compresión en Cilindros de Concreto	Fecha:
		11/10/2017

Solicitante: R. Cruz; R. Hands

Id. Mezcla: Concreto Base Corregido

Id. Cilindro	Fecha de Elaboración	Resistencia Requerida	Asentamiento	Fecha de Ensayo	Diámetro	Altura	Área	Edad de Ensayo	Carga de ruptura	Resistencia a compresión	Resistencia obtenida/ requerida
		Kg/cm2	Pulg							kg/cm2	%
1	13/9/2017	250	5"	11/10/2017	15	30	176,71	28	52305	295,99	118,39
2	13/9/2017	250	5"	11/10/2017	15	30	176,71	28	51200	289,73	115,89
3	13/9/2017	250	5"	11/10/2017	15	30	176,71	28	52690	298,16	119,27
4	13/9/2017	250	5"	11/10/2017	15	30	176,71	28	50995	288,57	115,43
5	13/9/2017	250	5"	11/10/2017	15	30	176,71	28	52315	296,04	118,42
6	13/9/2017	250	5"	11/10/2017	15	30	176,71	28	52920	299,47	119,79
7	13/9/2017	250	5"	11/10/2017	15	30	176,71	28	50965	288,40	115,36
8	13/9/2017	250	5"	11/10/2017	15	30	176,71	28	53100	300,48	120,19
9	13/9/2017	250	5"	11/10/2017	15	30	176,71	28	52045	294,51	117,81
10	13/9/2017	250	5"	11/10/2017	15	30	176,71	28	52500	297,09	118,84
									Prom:	294,85	

Fuente: Cruz & Hands, 2018

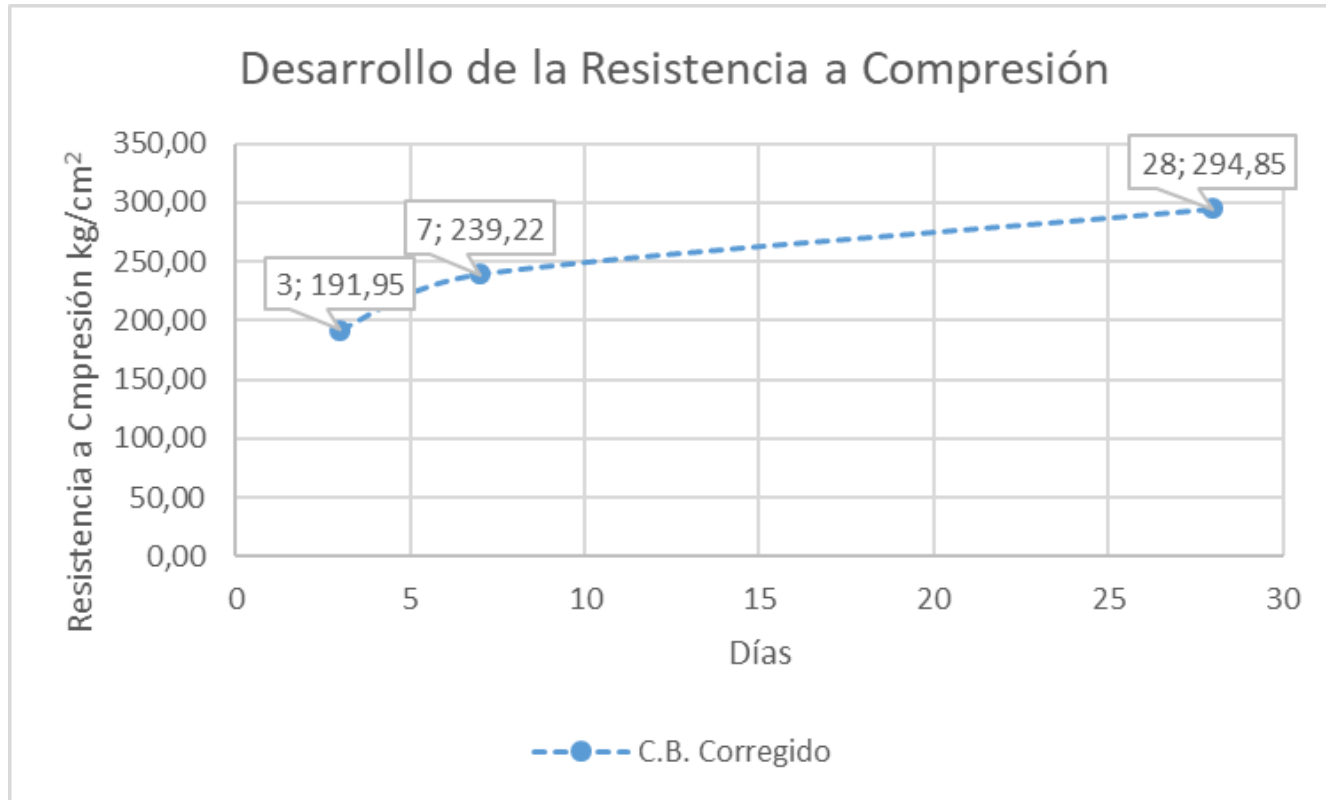


Figura 10: Resistencia a Compresión del Concreto Base Corregido
Fuente: Cruz & Hands, 2018

En la figura 10 se pueden observar las resistencias del concreto base corregido, a las edades de 3, 7 y 28 días.

Tabla 19: Resistencia a Compresión del WRDA 79 dosis mínima, 3 días

	Ensayo a Compresión en Cilindros de Concreto	Fecha:
		18/9/2017

Solicitante: R. Cruz; R. Hands

Id. Mezcla: WRDA 79 dosis mínima

Id. Cilindro	Fecha de Elaboración	Resistencia Requerida	Asentamiento	Fecha de Ensayo	Diámetro	Altura	Área	Edad de Ensayo	Carga de ruptura	Resistencia a compresión	Resistencia obtenida/ requerida
		Kg/cm2	Pulg							kg/cm2	%
1	15/9/2017	250	4,5"	18/9/2017	15	30	176,71	3	40610	229,81	91,92
2	15/9/2017	250	4,5"	18/9/2017	15	30	176,71	3	40710	230,37	92,15
3	15/9/2017	250	4,5"	18/9/2017	15	30	176,71	3	40660	230,09	92,04
4	15/9/2017	250	4,5"	18/9/2017	15	30	176,71	3	39260	222,17	88,87
5	15/9/2017	250	4,5"	18/9/2017	15	30	176,71	3	39490	223,47	89,39
6	15/9/2017	250	4,5"	18/9/2017	15	30	176,71	3	40925	231,59	92,64
7	15/9/2017	250	4,5"	18/9/2017	15	30	176,71	3	39765	225,02	90,01
8	15/9/2017	250	4,5"	18/9/2017	15	30	176,71	3	40800	230,88	92,35
9	15/9/2017	250	4,5"	18/9/2017	15	30	176,71	3	39760	225,00	90,00
10	15/9/2017	250	4,5"	18/9/2017	15	30	176,71	3	40015	226,44	90,58
Prom:										227,48	

Fuente: Cruz & Hands, 2018

Tabla 20: Resistencia a Compresión del WRDA 79 dosis mínima, 7 días

	Ensayo a Compresión en Cilindros de Concreto	Fecha:
		22/9/2017

Solicitante: R. Cruz; R. Hands

Id. Mezcla: WRDA 79 dosis mínima

Id. Cilindro	Fecha de Elaboración	Resistencia Requerida	Asentamiento	Fecha de Ensayo	Diámetro	Altura	Área	Edad de Ensayo	Carga de ruptura	Resistencia a compresión	Resistencia obtenida/requerida
		Kg/cm2	Pulg							kg/cm2	%
1	15/9/2017	250	4,5"	22/9/2017	15	30	176,71	7	43580	246,61	98,64
2	15/9/2017	250	4,5"	22/9/2017	15	30	176,71	7	45890	259,68	103,87
3	15/9/2017	250	4,5"	22/9/2017	15	30	176,71	7	44050	249,27	99,71
4	15/9/2017	250	4,5"	22/9/2017	15	30	176,71	7	43030	243,50	97,40
5	15/9/2017	250	4,5"	22/9/2017	15	30	176,71	7	44120	249,67	99,87
6	15/9/2017	250	4,5"	22/9/2017	15	30	176,71	7	44300	250,69	100,27
7	15/9/2017	250	4,5"	22/9/2017	15	30	176,71	7	45520	257,59	103,04
8	15/9/2017	250	4,5"	22/9/2017	15	30	176,71	7	42995	243,30	97,32
9	15/9/2017	250	4,5"	22/9/2017	15	30	176,71	7	43030	243,50	97,40
10	15/9/2017	250	4,5"	22/9/2017	15	30	176,71	7	43720	247,40	98,96
Prom:										249,12	

Fuente: Cruz & Hands, 2018

Tabla 21: Resistencia a Compresión del WRDA 79 dosis mínima, 28 días

	Ensayo a Compresión en Cilindros de Concreto	Fecha:
		13/10/2017

Solicitante: R. Cruz; R. Hands

Id. Mezcla: WRDA 79 dosis mínima

Id. Cilindro	Fecha de Elaboración	Resistencia Requerida	Asentamiento	Fecha de Ensayo	Diámetro	Altura	Área	Edad de Ensayo	Carga de ruptura	Resistencia a compresión	Resistencia obtenida/ requerida
		Kg/cm ²	Pulg							kg/cm ²	%
1	15/9/2017	250	4,5"	13/10/2017	15	30	176,71	28	58240	329,57	131,83
2	15/9/2017	250	4,5"	13/10/2017	15	30	176,71	28	61900	350,28	140,11
3	15/9/2017	250	4,5"	13/10/2017	15	30	176,71	28	60730	343,66	137,46
4	15/9/2017	250	4,5"	13/10/2017	15	30	176,71	28	61595	348,56	139,42
5	15/9/2017	250	4,5"	13/10/2017	15	30	176,71	28	59865	338,77	135,51
6	15/9/2017	250	4,5"	13/10/2017	15	30	176,71	28	59130	334,61	133,84
7	15/9/2017	250	4,5"	13/10/2017	15	30	176,71	28	60300	341,23	136,49
8	15/9/2017	250	4,5"	13/10/2017	15	30	176,71	28	59400	336,14	134,45
9	15/9/2017	250	4,5"	13/10/2017	15	30	176,71	28	61825	349,86	139,94
10	15/9/2017	250	4,5"	13/10/2017	15	30	176,71	28	61720	349,26	139,71
Prom:										342,19	

Fuente: Cruz & Hands, 2018

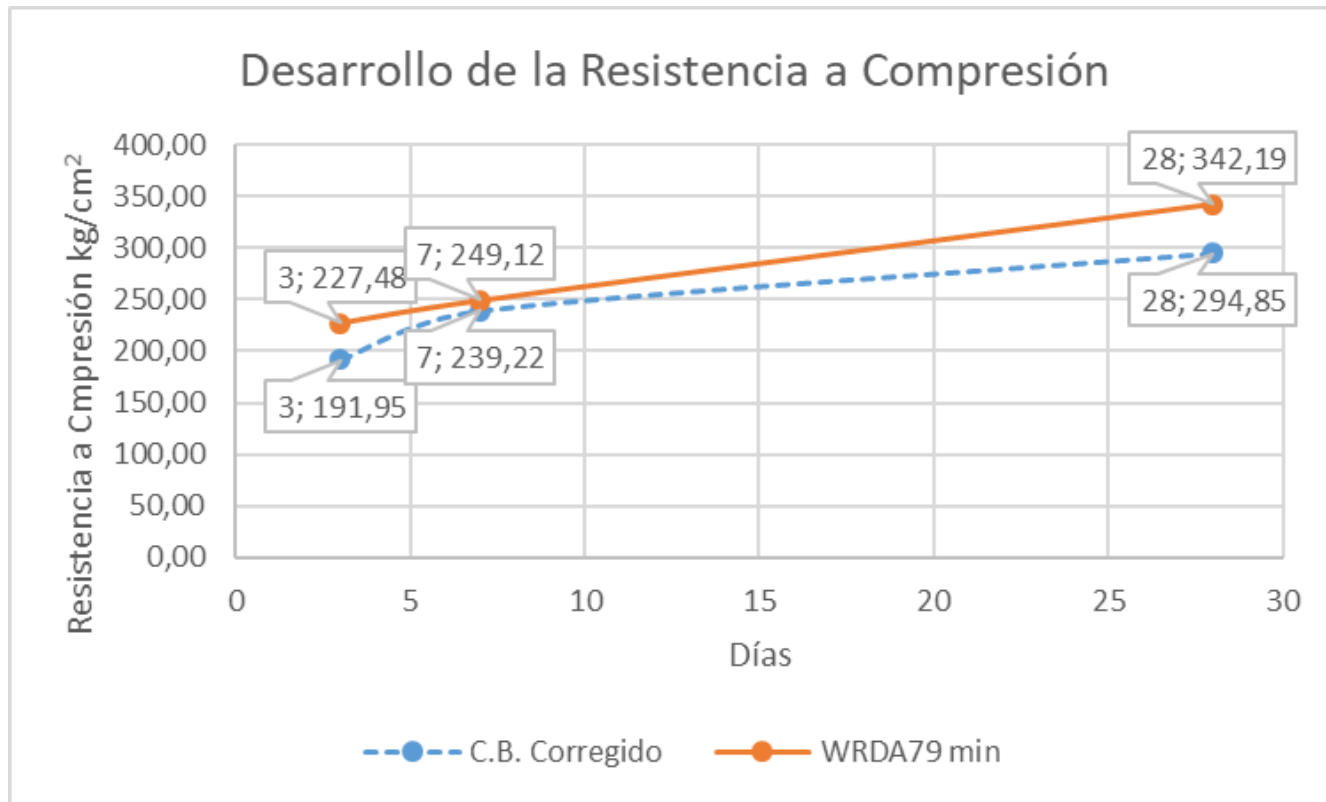


Figura 11: Resistencia a Compresión del WRDA 79 dosis mínima
Fuente: Cruz & Hands, 2018

En la figura 11 se pueden observar tanto las resistencias del concreto base corregido, como las del concreto con el uso del aditivo WRDA 79 en dosis mínima, a las edades de 3, 7 y 28 días.

Tabla 22: Resistencia a Compresión del WRDA 79 dosis media, 3 días

	Ensayo a Compresión en Cilindros de Concreto	Fecha:
		18/9/2017

Solicitante: R. Cruz; R. Hands

Id. Mezcla: WRDA 79 dosis media

Id. Cilindro	Fecha de Elaboración	Resistencia Requerida Kg/cm2	Asentamiento Pulg	Fecha de Ensayo	Diámetro cm	Altura cm	Área cm2	Edad de Ensayo días	Carga de ruptura kg	Resistencia a compresión kg/cm2	Resistencia obtenida/ requerida %
1	15/9/2017	250	6"	18/9/2017	15	30	176,71	3	41200	233,14	93,26
2	15/9/2017	250	6"	18/9/2017	15	30	176,71	3	41490	234,79	93,91
3	15/9/2017	250	6"	18/9/2017	15	30	176,71	3	41340	233,94	93,57
4	15/9/2017	250	6"	18/9/2017	15	30	176,71	3	41950	237,39	94,96
5	15/9/2017	250	6"	18/9/2017	15	30	176,71	3	41535	235,04	94,02
6	15/9/2017	250	6"	18/9/2017	15	30	176,71	3	40050	226,64	90,65
7	15/9/2017	250	6"	18/9/2017	15	30	176,71	3	40930	231,62	92,65
8	15/9/2017	250	6"	18/9/2017	15	30	176,71	3	41480	234,73	93,89
9	15/9/2017	250	6"	18/9/2017	15	30	176,71	3	41120	232,69	93,08
10	15/9/2017	250	6"	18/9/2017	15	30	176,71	3	41775	236,40	94,56
Prom:										233,64	

Fuente: Cruz & Hands, 2018

Tabla 23: Resistencia a Compresión del WRDA 79 dosis media, 7 días

	Ensayo a Compresión en Cilindros de Concreto	Fecha:
		22/9/2017

Solicitante: R. Cruz; R. Hands

Id. Mezcla: WRDA 79 dosis media

Id. Cilindro	Fecha de Elaboración	Resistencia Requerida	Asentamiento	Fecha de Ensayo	Diámetro	Altura	Área	Edad de Ensayo	Carga de ruptura	Resistencia a compresión	Resistencia obtenida/ requerida
		Kg/cm ²	Pulg							kg/cm ²	%
1	15/9/2017	250	6"	22/9/2017	15	30	176,71	7	48670	275,42	110,17
2	15/9/2017	250	6"	22/9/2017	15	30	176,71	7	49320	279,09	111,64
3	15/9/2017	250	6"	22/9/2017	15	30	176,71	7	48975	277,14	110,86
4	15/9/2017	250	6"	22/9/2017	15	30	176,71	7	48100	272,19	108,88
5	15/9/2017	250	6"	22/9/2017	15	30	176,71	7	49500	280,11	112,05
6	15/9/2017	250	6"	22/9/2017	15	30	176,71	7	48675	275,44	110,18
7	15/9/2017	250	6"	22/9/2017	15	30	176,71	7	49180	278,30	111,32
8	15/9/2017	250	6"	22/9/2017	15	30	176,71	7	50035	283,14	113,26
9	15/9/2017	250	6"	22/9/2017	15	30	176,71	7	49895	282,35	112,94
10	15/9/2017	250	6"	22/9/2017	15	30	176,71	7	49330	279,15	111,66
Prom:										278,23	

Fuente: Cruz & Hands, 2018

Tabla 24: Resistencia a Compresión del WRDA 79 dosis media, 28 días

	Ensayo a Compresión en Cilindros de Concreto	Fecha:
		13/10/2017

Solicitante: R. Cruz; R. Hands

Id. Mezcla: WRDA 79 dosis media

Id. Cilindro	Fecha de Elaboración	Resistencia Requerida	Asentamiento	Fecha de Ensayo	Diámetro	Altura	Área	Edad de Ensayo	Carga de ruptura	Resistencia a compresión	Resistencia obtenida/ requerida
		Kg/cm ²	Pulg							kg/cm ²	%
1	15/9/2017	250	6"	13/10/2017	15	30	176,71	28	62260	352,32	140,93
2	15/9/2017	250	6"	13/10/2017	15	30	176,71	28	63860	361,37	144,55
3	15/9/2017	250	6"	13/10/2017	15	30	176,71	28	63500	359,34	143,73
4	15/9/2017	250	6"	13/10/2017	15	30	176,71	28	62050	351,13	140,45
5	15/9/2017	250	6"	13/10/2017	15	30	176,71	28	63120	357,19	142,87
6	15/9/2017	250	6"	13/10/2017	15	30	176,71	28	63055	356,82	142,73
7	15/9/2017	250	6"	13/10/2017	15	30	176,71	28	62795	355,35	142,14
8	15/9/2017	250	6"	13/10/2017	15	30	176,71	28	62900	355,94	142,38
9	15/9/2017	250	6"	13/10/2017	15	30	176,71	28	62300	352,55	141,02
10	15/9/2017	250	6"	13/10/2017	15	30	176,71	28	63420	358,88	143,55
Prom:										356,09	

Fuente: Cruz & Hands, 2018

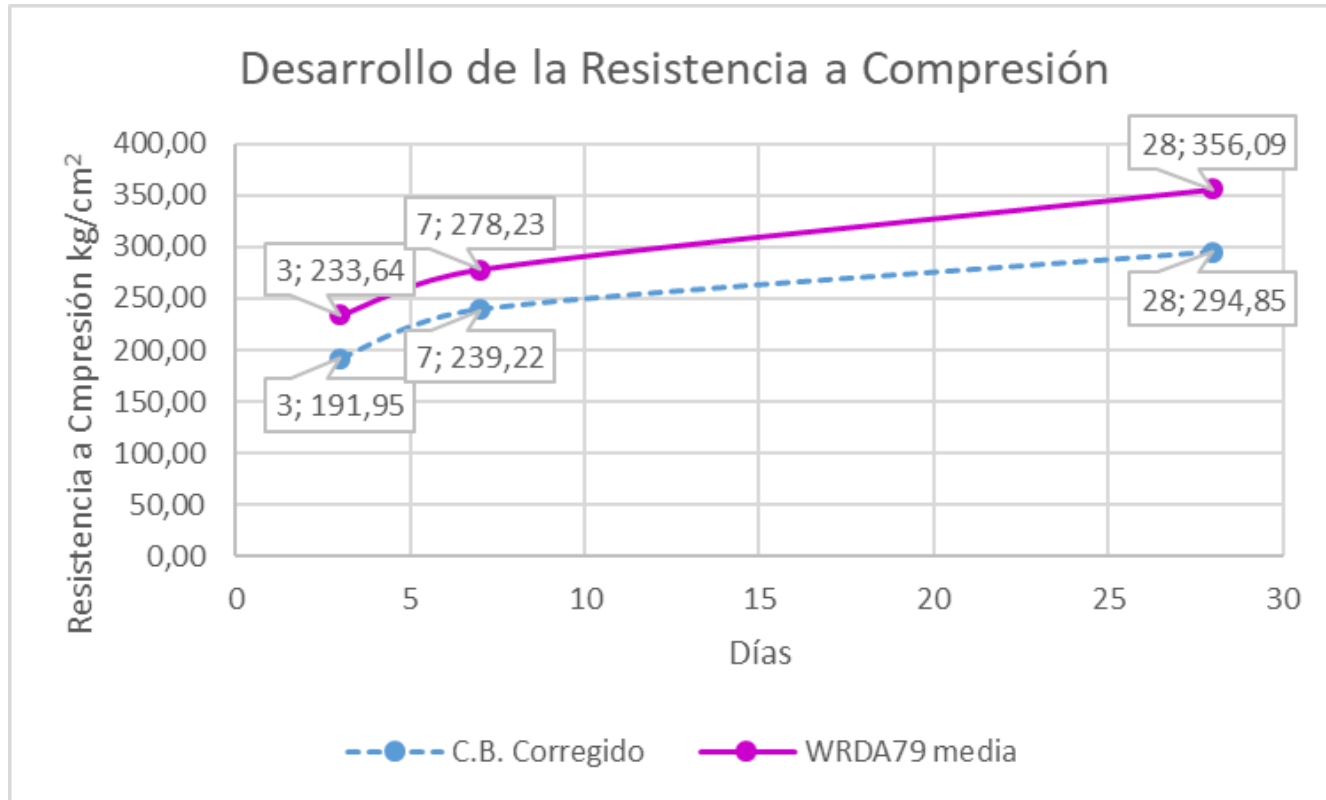


Figura 12: Resistencia a Compresión del WRDA 79 dosis media
Fuente: Cruz & Hands, 2018

En la figura 12 se pueden observar tanto las resistencias del concreto base corregido, como las del concreto con el uso del aditivo WRDA 79 en dosis media, a las edades de 3, 7 y 28 días.

Tabla 25: Resistencia a Compresión del WRDA 79 dosis máxima, 3 días

	Ensayo a Compresión en Cilindros de Concreto	Fecha:
		18/9/2017

Solicitante: R. Cruz; R. Hands

Id. Mezcla: WRDA 79 dosis máxima

Id. Cilindro	Fecha de Elaboración	Resistencia Requerida Kg/cm2	Asentamiento Pulg	Fecha de Ensayo	Diámetro cm	Altura cm	Área cm2	Edad de Ensayo días	Carga de ruptura kg	Resistencia a compresión kg/cm2	Resistencia obtenida/ requerida %
1	15/9/2017	250	6"	18/9/2017	15	30	176,71	3	44500	251,82	100,73
2	15/9/2017	250	6"	18/9/2017	15	30	176,71	3	45170	255,61	102,24
3	15/9/2017	250	6"	18/9/2017	15	30	176,71	3	44835	253,71	101,49
4	15/9/2017	250	6"	18/9/2017	15	30	176,71	3	44600	252,38	100,95
5	15/9/2017	250	6"	18/9/2017	15	30	176,71	3	45200	255,78	102,31
6	15/9/2017	250	6"	18/9/2017	15	30	176,71	3	44320	250,80	100,32
7	15/9/2017	250	6"	18/9/2017	15	30	176,71	3	43950	248,71	99,48
8	15/9/2017	250	6"	18/9/2017	15	30	176,71	3	45025	254,79	101,92
9	15/9/2017	250	6"	18/9/2017	15	30	176,71	3	45400	256,91	102,76
10	15/9/2017	250	6"	18/9/2017	15	30	176,71	3	44970	254,48	101,79
Prom:										253,50	

Fuente: Cruz & Hands, 2018

Tabla 26: Resistencia a Compresión del WRDA 79 dosis máxima, 7 días

	Ensayo a Compresión en Cilindros de Concreto	Fecha:
		22/9/2017

Solicitante: R. Cruz; R. Hands

Id. Mezcla: WRDA 79 dosis máxima

Id. Cilindro	Fecha de Elaboración	Resistencia Requerida	Asentamiento	Fecha de Ensayo	Diámetro	Altura	Área	Edad de Ensayo	Carga de ruptura	Resistencia a compresión	Resistencia obtenida/ requerida
		Kg/cm ²	Pulg							kg/cm ²	%
1	15/9/2017	250	6"	22/9/2017	15	30	176,71	7	53470	302,58	121,03
2	15/9/2017	250	6"	22/9/2017	15	30	176,71	7	49160	278,19	111,28
3	15/9/2017	250	6"	22/9/2017	15	30	176,71	7	52305	295,99	118,39
4	15/9/2017	250	6"	22/9/2017	15	30	176,71	7	50120	283,62	113,45
5	15/9/2017	250	6"	22/9/2017	15	30	176,71	7	52035	294,46	117,78
6	15/9/2017	250	6"	22/9/2017	15	30	176,71	7	53120	300,60	120,24
7	15/9/2017	250	6"	22/9/2017	15	30	176,71	7	50780	287,36	114,94
8	15/9/2017	250	6"	22/9/2017	15	30	176,71	7	49890	282,32	112,93
9	15/9/2017	250	6"	22/9/2017	15	30	176,71	7	52200	295,39	118,16
10	15/9/2017	250	6"	22/9/2017	15	30	176,71	7	52590	297,60	119,04
Prom:										291,81	

Fuente: Cruz & Hands, 2018

Tabla 27: Resistencia a Compresión del WRDA 79 dosis máxima, 28 días

	Ensayo a Compresión en Cilindros de Concreto	Fecha:
		13/10/2017

Solicitante: R. Cruz; R. Hands

Id. Mezcla: WRDA 79 dosis máxima

Id. Cilindro	Fecha de Elaboración	Resistencia Requerida	Asentamiento	Fecha de Ensayo	Diámetro	Altura	Área	Edad de Ensayo	Carga de ruptura	Resistencia a compresión	Resistencia obtenida/ requerida
		Kg/cm ²	Pulg							kg/cm ²	%
1	15/9/2017	250	6"	13/10/2017	15	30	176,71	28	68110	385,42	154,17
2	15/9/2017	250	6"	13/10/2017	15	30	176,71	28	66880	378,46	151,39
3	15/9/2017	250	6"	13/10/2017	15	30	176,71	28	67935	384,43	153,77
4	15/9/2017	250	6"	13/10/2017	15	30	176,71	28	66790	377,95	151,18
5	15/9/2017	250	6"	13/10/2017	15	30	176,71	28	67760	383,44	153,38
6	15/9/2017	250	6"	13/10/2017	15	30	176,71	28	68020	384,91	153,97
7	15/9/2017	250	6"	13/10/2017	15	30	176,71	28	65900	372,92	149,17
8	15/9/2017	250	6"	13/10/2017	15	30	176,71	28	66125	374,19	149,68
9	15/9/2017	250	6"	13/10/2017	15	30	176,71	28	68005	384,83	153,93
10	15/9/2017	250	6"	13/10/2017	15	30	176,71	28	66450	376,03	150,41
Prom:										380,26	

Fuente: Cruz & Hands, 2018

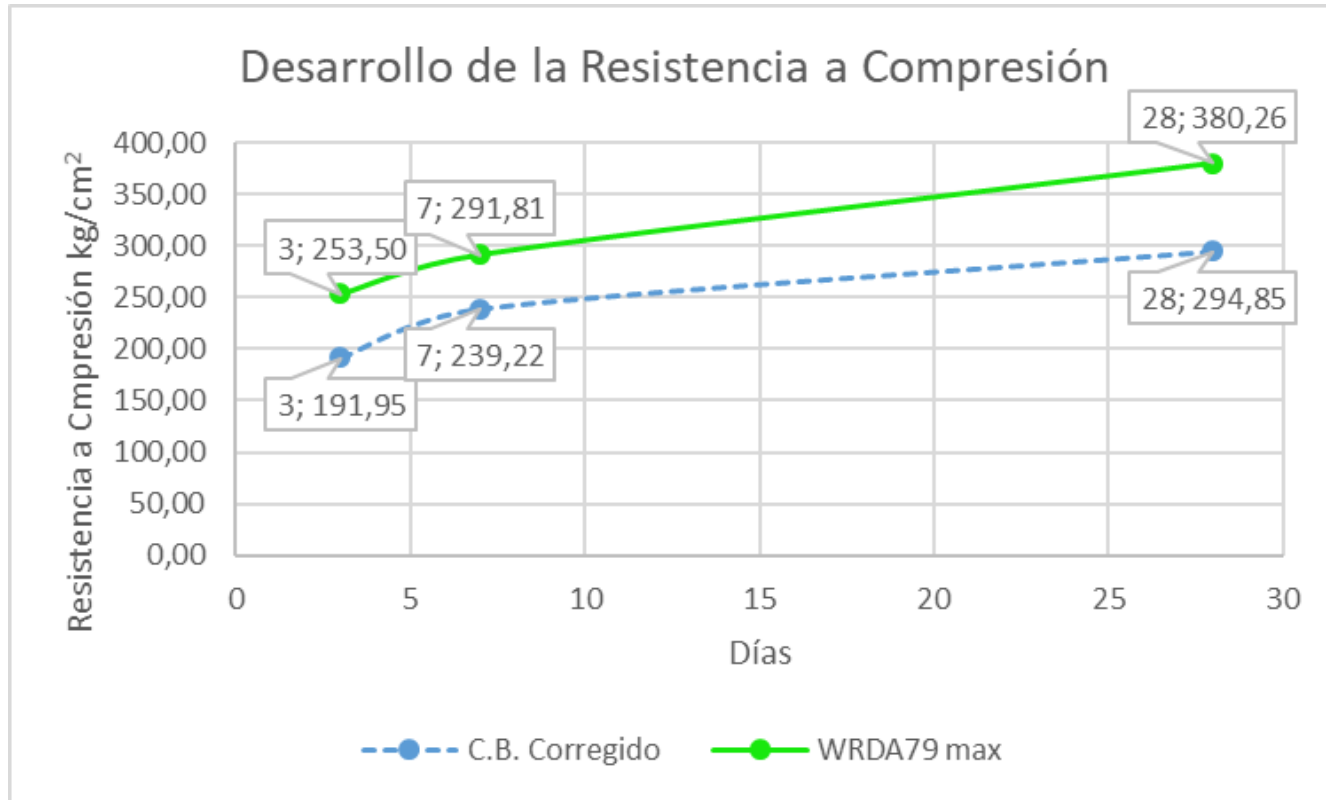


Figura 13: Resistencia a Compresión del WRDA 79 dosis máxima
Fuente: Cruz & Hands, 2018

En la figura 13 se pueden observar tanto las resistencias del concreto base corregido, como las del concreto con el uso del aditivo WRDA 79 en dosis máxima, a las edades de 3, 7 y 28 días.

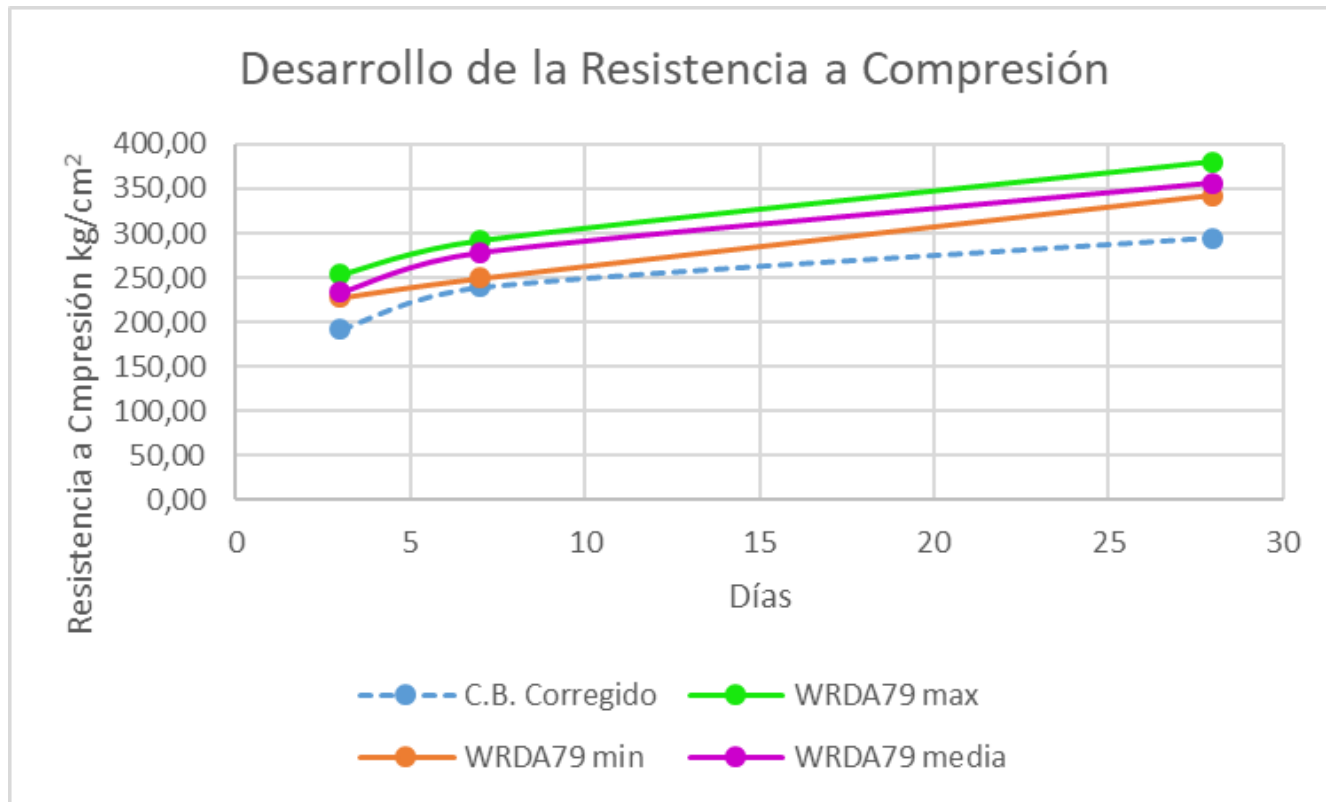


Figura 14: Resistencia a Compresión del WRDA 79, todas las dosis
Fuente: Cruz & Hands, 2018

En la figura 14 se pueden observar tanto las resistencias del concreto base corregido, como las del concreto con el uso del aditivo WRDA 79 en todas las dosis por separado, a las edades de 3, 7 y 28 días.

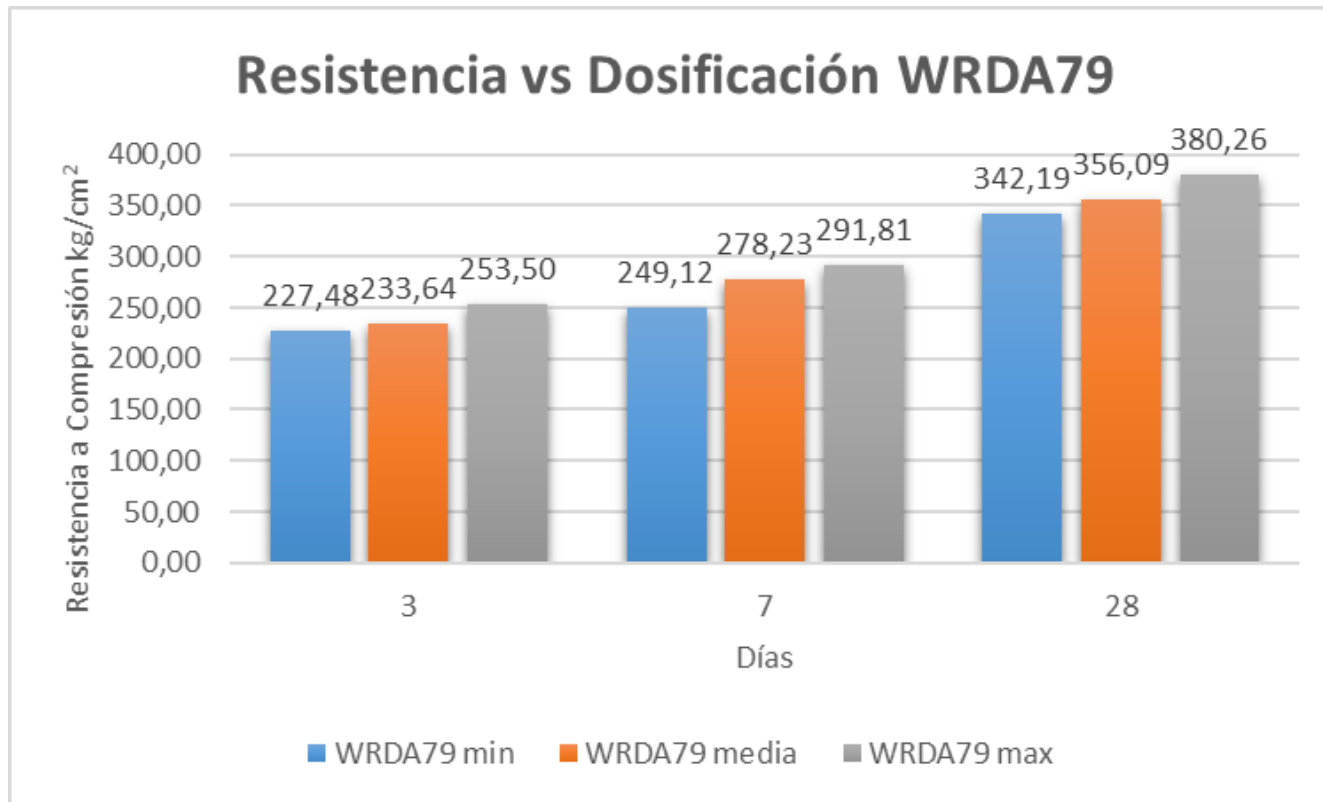


Figura 15: Resistencia a Compresión vs Dosificaciones WRDA 79
Fuente: Cruz & Hands, 2018

En la figura 15 se pueden observar las resistencias del concreto con el uso del aditivo WRDA 79 en todas las dosis por separado, a las edades de 3, 7 y 28 días.

Tabla 28: Resistencia a Compresión del Daracem 100 dosis mínima, 3 días

	Ensayo a Compresión en Cilindros de Concreto	Fecha:
		23/9/2017

Solicitante: R. Cruz; R. Hands

Id. Mezcla: Daracem 100 dosis mínima

Id. Cilindro	Fecha de Elaboración	Resistencia Requerida Kg/cm2	Asentamiento Pulg	Fecha de Ensayo	Diámetro cm	Altura cm	Área cm2	Edad de Ensayo días	Carga de ruptura kg	Resistencia a compresión kg/cm2	Resistencia obtenida/ requerida %
1	20/9/2017	250	4"	23/9/2017	15	30	176,71	3	41360	234,05	93,62
2	20/9/2017	250	4"	23/9/2017	15	30	176,71	3	38100	215,60	86,24
3	20/9/2017	250	4"	23/9/2017	15	30	176,71	3	39595	224,06	89,62
4	20/9/2017	250	4"	23/9/2017	15	30	176,71	3	40670	230,15	92,06
5	20/9/2017	250	4"	23/9/2017	15	30	176,71	3	41115	232,66	93,07
6	20/9/2017	250	4"	23/9/2017	15	30	176,71	3	39780	225,11	90,04
7	20/9/2017	250	4"	23/9/2017	15	30	176,71	3	40135	227,12	90,85
8	20/9/2017	250	4"	23/9/2017	15	30	176,71	3	41050	232,30	92,92
9	20/9/2017	250	4"	23/9/2017	15	30	176,71	3	40890	231,39	92,56
10	20/9/2017	250	4"	23/9/2017	15	30	176,71	3	39785	225,14	90,05
Prom:										227,76	

Fuente: Cruz & Hands, 2018

Tabla 29: Resistencia a Compresión del Daracem 100 dosis mínima, 7 días

	Ensayo a Compresión en Cilindros de Concreto	Fecha:
		27/9/2017

Solicitante: R. Cruz; R. Hands

Id. Mezcla: Daracem 100 dosis mínima

Id. Cilindro	Fecha de Elaboración	Resistencia Requerida	Asentamiento	Fecha de Ensayo	Diámetro	Altura	Área	Edad de Ensayo	Carga de ruptura	Resistencia a compresión	Resistencia obtenida/ requerida
		Kg/cm ²	Pulg							kg/cm ²	%
1	20/9/2017	250	4"	27/9/2017	15	30	176,71	7	49420	279,66	111,86
2	20/9/2017	250	4"	27/9/2017	15	30	176,71	7	50940	288,26	115,30
3	20/9/2017	250	4"	27/9/2017	15	30	176,71	7	50180	283,96	113,58
4	20/9/2017	250	4"	27/9/2017	15	30	176,71	7	49100	277,85	111,14
5	20/9/2017	250	4"	27/9/2017	15	30	176,71	7	51250	290,02	116,01
6	20/9/2017	250	4"	27/9/2017	15	30	176,71	7	50730	287,07	114,83
7	20/9/2017	250	4"	27/9/2017	15	30	176,71	7	50055	283,25	113,30
8	20/9/2017	250	4"	27/9/2017	15	30	176,71	7	51135	289,36	115,75
9	20/9/2017	250	4"	27/9/2017	15	30	176,71	7	49880	282,26	112,91
10	20/9/2017	250	4"	27/9/2017	15	30	176,71	7	51055	288,91	115,56
Prom:										285,06	

Fuente: Cruz & Hands, 2018

Tabla 30: Resistencia a Compresión del Daracem 100 dosis mínima, 28 días

	Ensayo a Compresión en Cilindros de Concreto	Fecha:
		18/10/2017

Solicitante: R. Cruz; R. Hands

Id. Mezcla: Daracem 100 dosis mínima

Id. Cilindro	Fecha de Elaboración	Resistencia Requerida	Asentamiento	Fecha de Ensayo	Diámetro	Altura	Área	Edad de Ensayo	Carga de ruptura	Resistencia a compresión	Resistencia obtenida/ requerida
		Kg/cm ²	Pulg							kg/cm ²	%
1	20/9/2017	250	4"	18/10/2017	15	30	176,71	28	62040	351,07	140,43
2	20/9/2017	250	4"	18/10/2017	15	30	176,71	28	61090	345,70	138,28
3	20/9/2017	250	4"	18/10/2017	15	30	176,71	28	61955	350,59	140,24
4	20/9/2017	250	4"	18/10/2017	15	30	176,71	28	62300	352,55	141,02
5	20/9/2017	250	4"	18/10/2017	15	30	176,71	28	60800	344,06	137,62
6	20/9/2017	250	4"	18/10/2017	15	30	176,71	28	61300	346,89	138,75
7	20/9/2017	250	4"	18/10/2017	15	30	176,71	28	61985	350,76	140,31
8	20/9/2017	250	4"	18/10/2017	15	30	176,71	28	62215	352,06	140,83
9	20/9/2017	250	4"	18/10/2017	15	30	176,71	28	62400	353,11	141,24
10	20/9/2017	250	4"	18/10/2017	15	30	176,71	28	61745	349,41	139,76
Prom:										349,62	

Fuente: Cruz & Hands, 2018

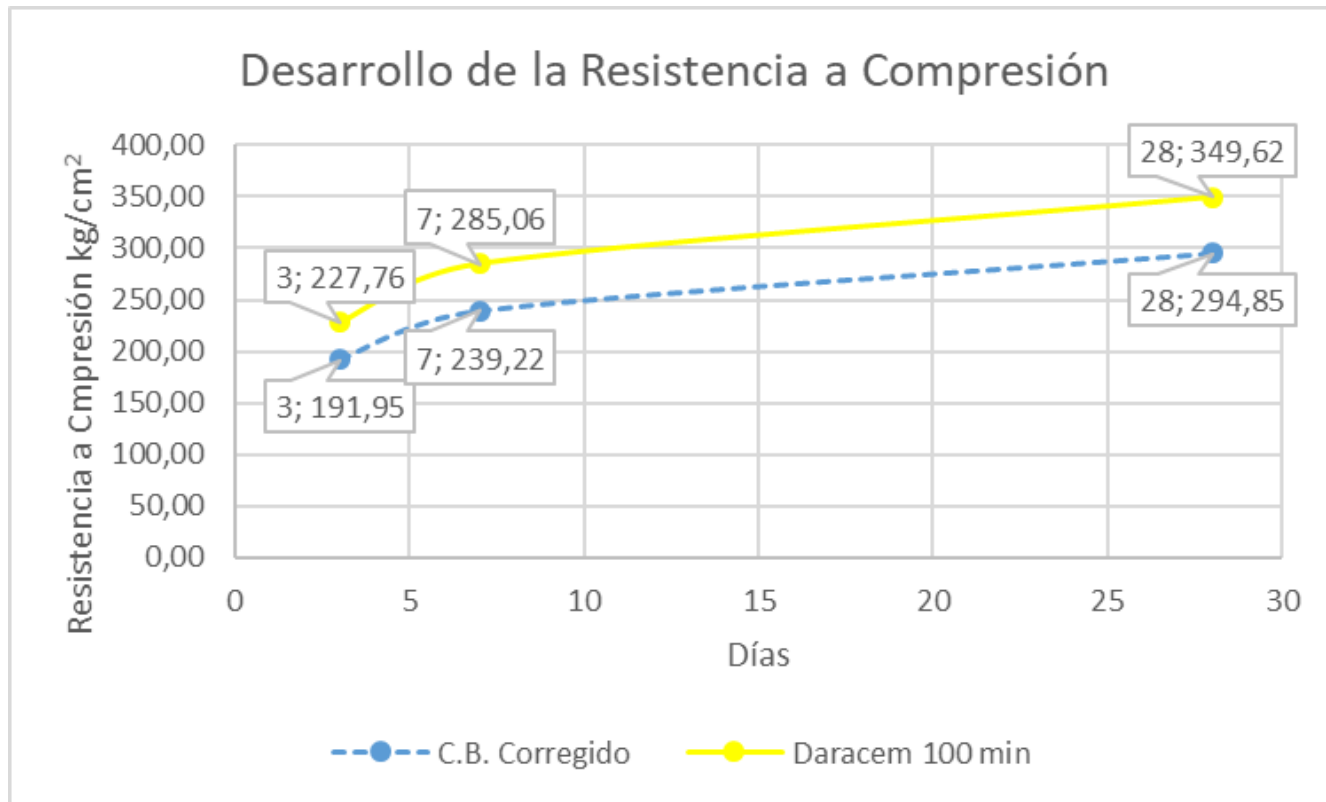


Figura 16: Resistencia a Compresión del Daracem 100 dosis mínima

Fuente: Cruz & Hands, 2018

En la figura 16 se pueden observar tanto las resistencias del concreto base corregido, como las del concreto con el uso del aditivo Daracem 100 en dosis mínima, a las edades de 3, 7 y 28 días.

Tabla 31: Resistencia a Compresión del Daracem 100 dosis media, 3 días

	Ensayo a Compresión en Cilindros de Concreto	Fecha:
		23/9/2017

Solicitante: R. Cruz; R. Hands

Id. Mezcla: Daracem 100 dosis media

Id. Cilindro	Fecha de Elaboración	Resistencia Requerida	Asentamiento	Fecha de Ensayo	Diámetro	Altura	Área	Edad de Ensayo	Carga de ruptura	Resistencia a compresión	Resistencia obtenida/ requerida
		Kg/cm2	Pulg							kg/cm2	%
1	20/9/2017	250	5,5"	23/9/2017	15	30	176,71	3	47580	269,25	107,70
2	20/9/2017	250	5,5"	23/9/2017	15	30	176,71	3	48530	274,62	109,85
3	20/9/2017	250	5,5"	23/9/2017	15	30	176,71	3	48055	271,94	108,77
4	20/9/2017	250	5,5"	23/9/2017	15	30	176,71	3	47620	269,47	107,79
5	20/9/2017	250	5,5"	23/9/2017	15	30	176,71	3	47950	271,34	108,54
6	20/9/2017	250	5,5"	23/9/2017	15	30	176,71	3	48200	272,76	109,10
7	20/9/2017	250	5,5"	23/9/2017	15	30	176,71	3	47120	266,64	106,66
8	20/9/2017	250	5,5"	23/9/2017	15	30	176,71	3	48055	271,94	108,77
9	20/9/2017	250	5,5"	23/9/2017	15	30	176,71	3	48660	275,36	110,14
10	20/9/2017	250	5,5"	23/9/2017	15	30	176,71	3	46915	265,48	106,19
Prom:										270,88	

Fuente: Cruz & Hands, 2018

Tabla 32: Resistencia a Compresión del Daracem 100 dosis media, 7 días

	Ensayo a Compresión en Cilindros de Concreto	Fecha:
		27/9/2017

Solicitante: R. Cruz; R. Hands

Id. Mezcla: Daracem 100 dosis media

Id. Cilindro	Fecha de Elaboración	Resistencia Requerida	Asentamiento	Fecha de Ensayo	Diámetro	Altura	Área	Edad de Ensayo	Carga de ruptura	Resistencia a compresión	Resistencia obtenida/ requerida
		Kg/cm ²	Pulg							kg/cm ²	%
1	20/9/2017	250	5,5"	27/9/2017	15	30	176,71	7	59840	338,63	135,45
2	20/9/2017	250	5,5"	27/9/2017	15	30	176,71	7	57010	322,61	129,04
3	20/9/2017	250	5,5"	27/9/2017	15	30	176,71	7	58425	330,62	132,25
4	20/9/2017	250	5,5"	27/9/2017	15	30	176,71	7	58300	329,91	131,96
5	20/9/2017	250	5,5"	27/9/2017	15	30	176,71	7	59700	337,83	135,13
6	20/9/2017	250	5,5"	27/9/2017	15	30	176,71	7	57455	325,13	130,05
7	20/9/2017	250	5,5"	27/9/2017	15	30	176,71	7	59995	339,50	135,80
8	20/9/2017	250	5,5"	27/9/2017	15	30	176,71	7	58100	328,78	131,51
9	20/9/2017	250	5,5"	27/9/2017	15	30	176,71	7	57980	328,10	131,24
10	20/9/2017	250	5,5"	27/9/2017	15	30	176,71	7	57865	327,45	130,98
Prom:										330,86	

Fuente: Cruz & Hands, 2018

Tabla 33: Resistencia a Compresión del Daracem 100 dosis media, 28 días

	Ensayo a Compresión en Cilindros de Concreto	Fecha:
		18/10/2017

Solicitante: R. Cruz; R. Hands

Id. Mezcla: Daracem 100 dosis media

Id. Cilindro	Fecha de Elaboración	Resistencia Requerida	Asentamiento	Fecha de Ensayo	Diámetro	Altura	Área	Edad de Ensayo	Carga de ruptura	Resistencia a compresión	Resistencia obtenida/ requerida
		Kg/cm2	Pulg							kg/cm2	%
1	20/9/2017	250	5,5"	18/10/2017	15	30	176,71	28	72900	412,53	165,01
2	20/9/2017	250	5,5"	18/10/2017	15	30	176,71	28	70140	396,91	158,76
3	20/9/2017	250	5,5"	18/10/2017	15	30	176,71	28	69850	395,27	158,11
4	20/9/2017	250	5,5"	18/10/2017	15	30	176,71	28	72500	410,27	164,11
5	20/9/2017	250	5,5"	18/10/2017	15	30	176,71	28	72125	408,14	163,26
6	20/9/2017	250	5,5"	18/10/2017	15	30	176,71	28	71330	403,65	161,46
7	20/9/2017	250	5,5"	18/10/2017	15	30	176,71	28	70755	400,39	160,16
8	20/9/2017	250	5,5"	18/10/2017	15	30	176,71	28	72365	409,50	163,80
9	20/9/2017	250	5,5"	18/10/2017	15	30	176,71	28	71790	406,25	162,50
10	20/9/2017	250	5,5"	18/10/2017	15	30	176,71	28	70010	396,18	158,47
Prom:										403,91	

Fuente: Cruz & Hands, 2018

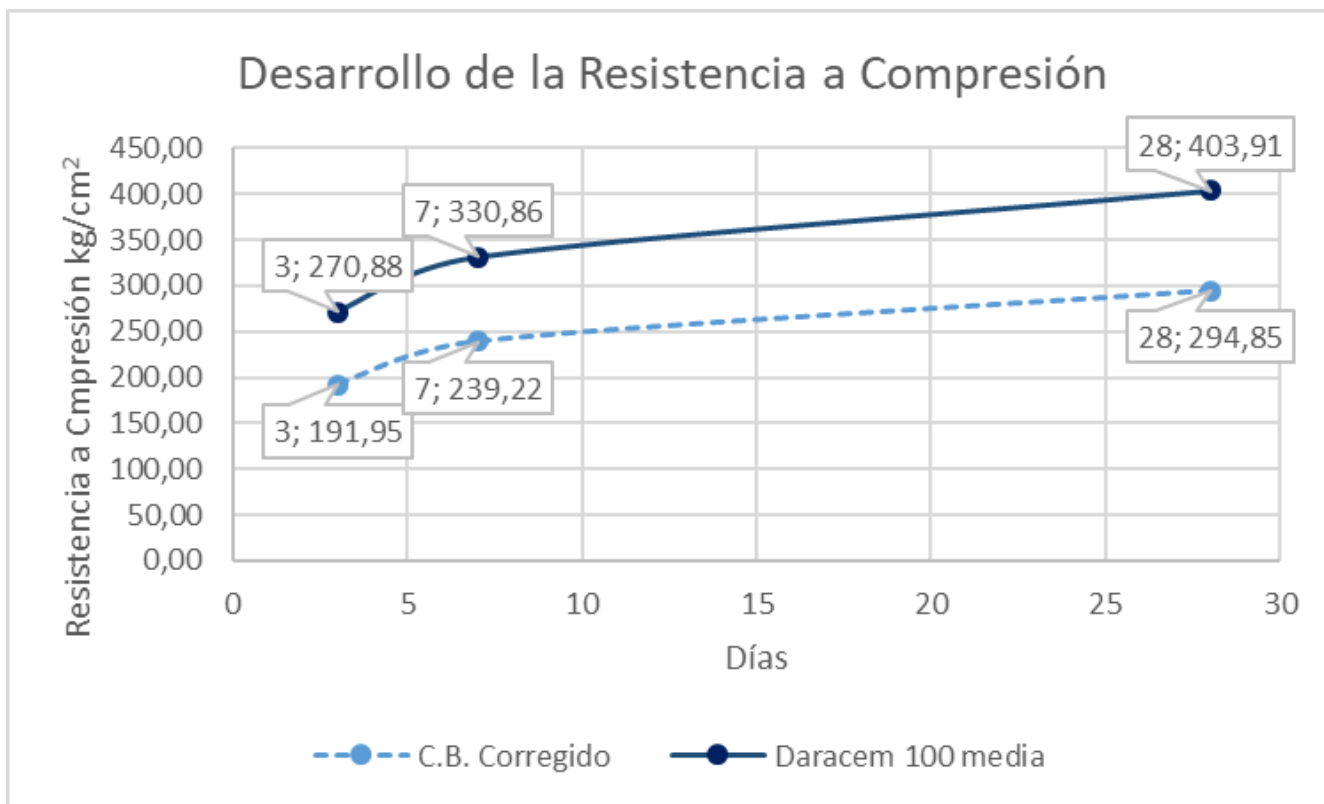


Figura 17: Resistencia a Compresión del Daracem 100 dosis media

Fuente: Cruz & Hands, 2018

En la figura 17 se pueden observar tanto las resistencias del concreto base corregido, como las del concreto con el uso del aditivo Daracem 100 en dosis media, a las edades de 3, 7 y 28 días.

Tabla 34: Resistencia a Compresión del Daracem 100 dosis máxima, 3 días

	Ensayo a Compresión en Cilindros de Concreto	Fecha:
		23/9/2017

Solicitante: R. Cruz; R. Hands

Id. Mezcla: Daracem 100 dosis máxima

Id. Cilindro	Fecha de Elaboración	Resistencia Requerida Kg/cm2	Asentamiento Pulg	Fecha de Ensayo	Diámetro cm	Altura cm	Área cm2	Edad de Ensayo días	Carga de ruptura kg	Resistencia a compresión kg/cm2	Resistencia obtenida/ requerida %
1	20/9/2017	250	5"	23/9/2017	15	30	176,71	3	42100	238,24	95,29
2	20/9/2017	250	5"	23/9/2017	15	30	176,71	3	41840	236,77	94,71
3	20/9/2017	250	5"	23/9/2017	15	30	176,71	3	41970	237,50	95,00
4	20/9/2017	250	5"	23/9/2017	15	30	176,71	3	42320	239,48	95,79
5	20/9/2017	250	5"	23/9/2017	15	30	176,71	3	41150	232,86	93,14
6	20/9/2017	250	5"	23/9/2017	15	30	176,71	3	42515	240,59	96,23
7	20/9/2017	250	5"	23/9/2017	15	30	176,71	3	41930	237,28	94,91
8	20/9/2017	250	5"	23/9/2017	15	30	176,71	3	40750	230,60	92,24
9	20/9/2017	250	5"	23/9/2017	15	30	176,71	3	40920	231,56	92,62
10	20/9/2017	250	5"	23/9/2017	15	30	176,71	3	42500	240,50	96,20
Prom:										236,54	

Fuente: Cruz & Hands, 2018

Tabla 35: Resistencia a Compresión del Daracem 100 dosis máxima, 7 días

	Ensayo a Compresión en Cilindros de Concreto	Fecha:
		27/9/2017

Solicitante: R. Cruz; R. Hands

Id. Mezcla: Daracem 100 dosis máxima

Id. Cilindro	Fecha de Elaboración	Resistencia Requerida	Asentamiento	Fecha de Ensayo	Diámetro	Altura	Área	Edad de Ensayo	Carga de ruptura	Resistencia a compresión	Resistencia obtenida/ requerida
		Kg/cm ²	Pulg							kg/cm ²	%
1	20/9/2017	250	5"	27/9/2017	15	30	176,71	7	55560	314,41	125,76
2	20/9/2017	250	5"	27/9/2017	15	30	176,71	7	56180	317,91	127,17
3	20/9/2017	250	5"	27/9/2017	15	30	176,71	7	55870	316,16	126,46
4	20/9/2017	250	5"	27/9/2017	15	30	176,71	7	56200	318,03	127,21
5	20/9/2017	250	5"	27/9/2017	15	30	176,71	7	56455	319,47	127,79
6	20/9/2017	250	5"	27/9/2017	15	30	176,71	7	55120	311,92	124,77
7	20/9/2017	250	5"	27/9/2017	15	30	176,71	7	54930	310,84	124,34
8	20/9/2017	250	5"	27/9/2017	15	30	176,71	7	56115	317,55	127,02
9	20/9/2017	250	5"	27/9/2017	15	30	176,71	7	55320	313,05	125,22
10	20/9/2017	250	5"	27/9/2017	15	30	176,71	7	55440	313,73	125,49
Prom:										315,31	

Fuente: Cruz & Hands, 2018

Tabla 36: Resistencia a Compresión del Daracem 100 dosis máxima, 28 días

	Ensayo a Compresión en Cilindros de Concreto	Fecha:
		18/10/2017

Solicitante: R. Cruz; R. Hands

Id. Mezcla: Daracem 100 dosis máxima

Id. Cilindro	Fecha de Elaboración	Resistencia Requerida	Asentamiento	Fecha de Ensayo	Diámetro	Altura	Área	Edad de Ensayo	Carga de ruptura	Resistencia a compresión	Resistencia obtenida/ requerida
		Kg/cm2	Pulg							kg/cm2	%
1	20/9/2017	250	5"	18/10/2017	15	30	176,71	28	74850	423,56	169,43
2	20/9/2017	250	5"	18/10/2017	15	30	176,71	28	76960	435,50	174,20
3	20/9/2017	250	5"	18/10/2017	15	30	176,71	28	75095	424,95	169,98
4	20/9/2017	250	5"	18/10/2017	15	30	176,71	28	76010	430,13	172,05
5	20/9/2017	250	5"	18/10/2017	15	30	176,71	28	76325	431,91	172,76
6	20/9/2017	250	5"	18/10/2017	15	30	176,71	28	75790	428,88	171,55
7	20/9/2017	250	5"	18/10/2017	15	30	176,71	28	76230	431,37	172,55
8	20/9/2017	250	5"	18/10/2017	15	30	176,71	28	74985	424,33	169,73
9	20/9/2017	250	5"	18/10/2017	15	30	176,71	28	76400	432,34	172,93
10	20/9/2017	250	5"	18/10/2017	15	30	176,71	28	76750	434,32	173,73
									Prom:	429,73	

Fuente: Cruz & Hands, 2018

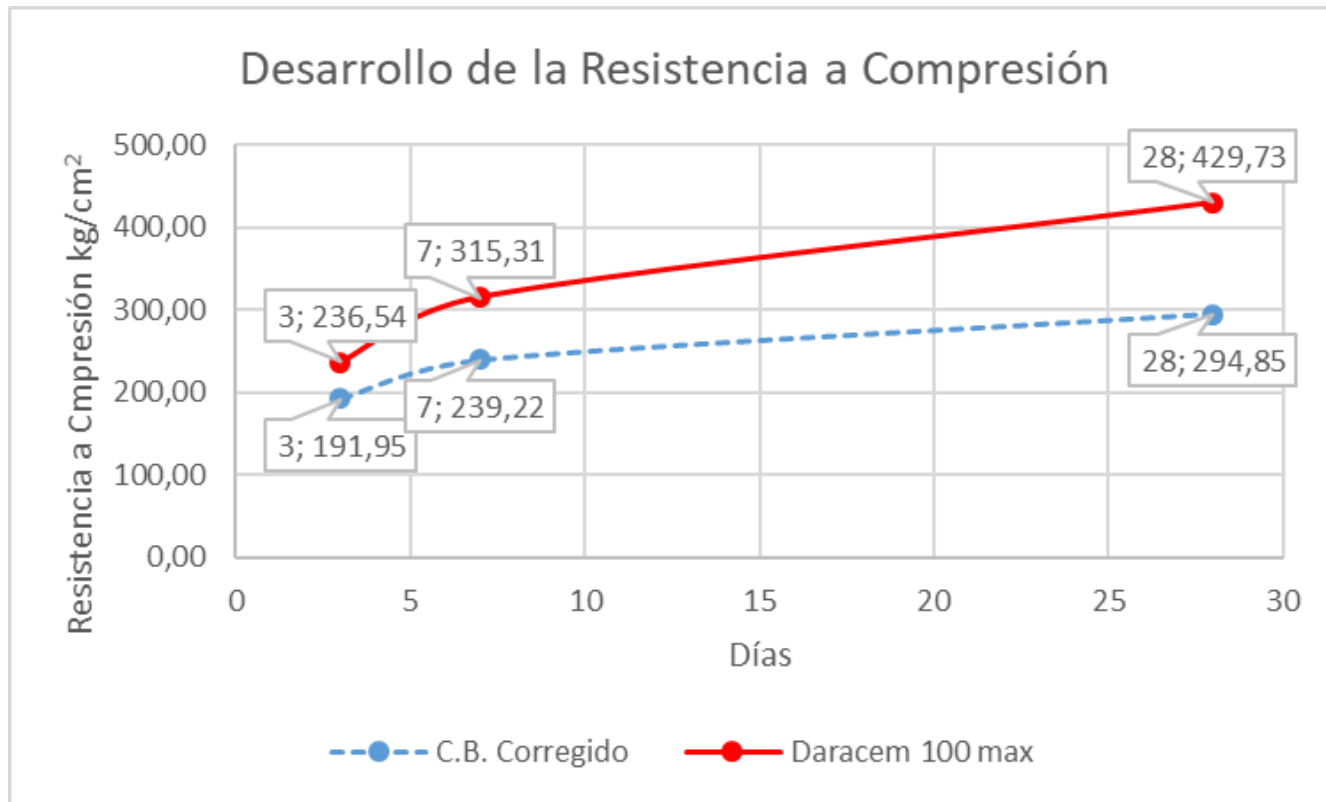


Figura 18: Resistencia a Compresión del Daracem 100 dosis máxima
Fuente: Cruz & Hands, 2018

En la figura 18 se pueden observar tanto las resistencias del concreto base corregido, como las del concreto con el uso del aditivo Daracem 100 en dosis máxima, a las edades de 3, 7 y 28 días.

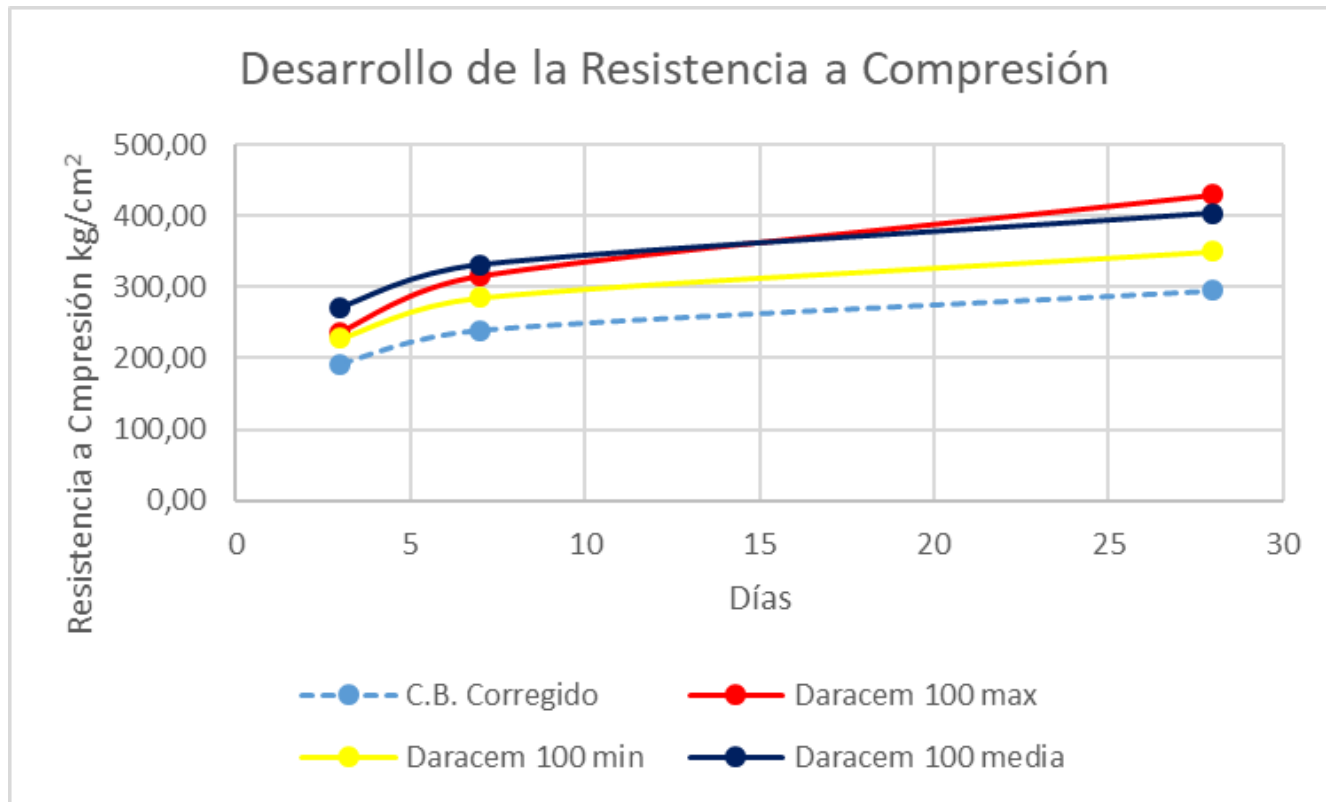


Figura 19: Resistencia a Compresión del Daracem 100, todas las dosis
Fuente: Cruz & Hands, 2018

En la figura 19 se pueden observar tanto las resistencias del concreto base corregido, como las del concreto con el uso del aditivo Daracem 100 en todas las dosis por separado, a las edades de 3, 7 y 28 días.

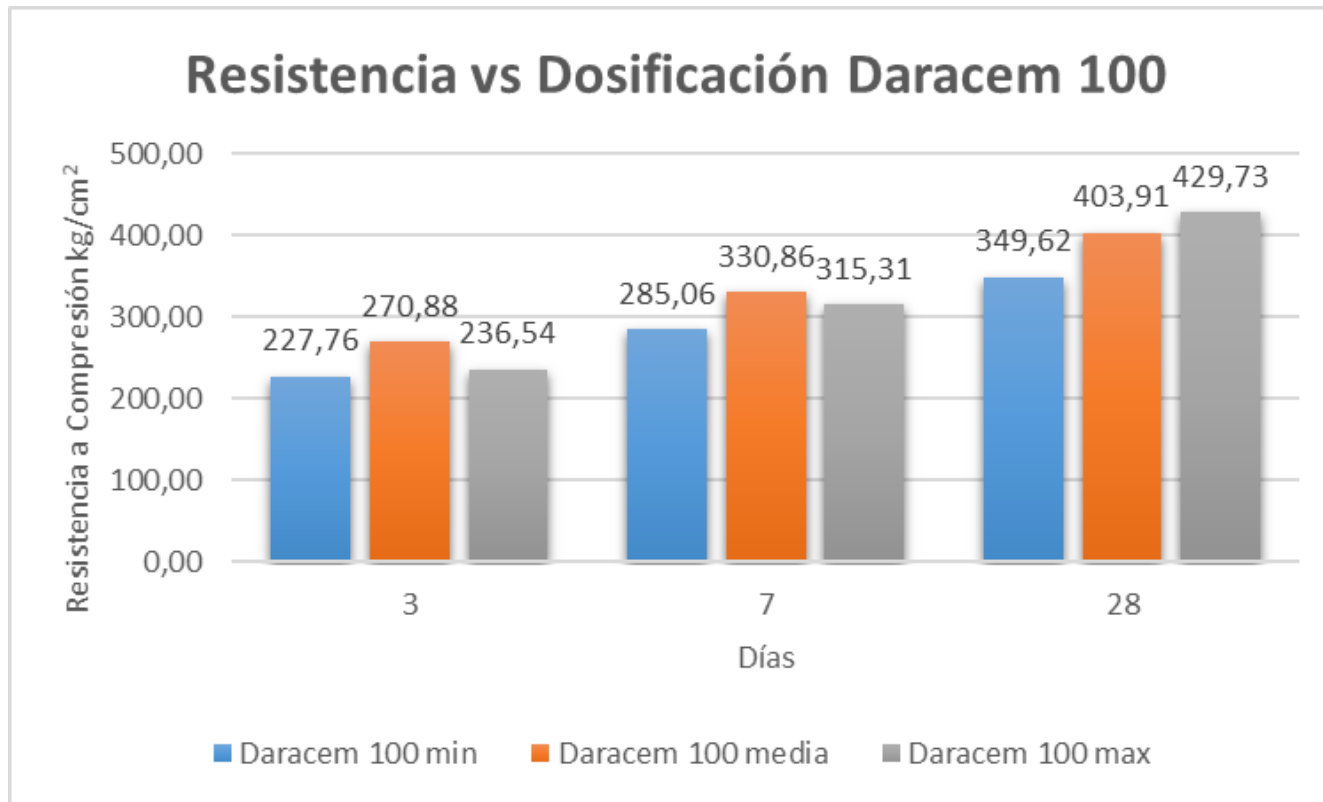


Figura 20: Resistencia a Compresión vs Dosificaciones Daracem 100
Fuente: Cruz & Hands, 2018

En la figura 20 se pueden observar las resistencias del concreto con el uso del aditivo Daracem 100 en todas las dosis por separado, a las edades de 3, 7 y 28 días.

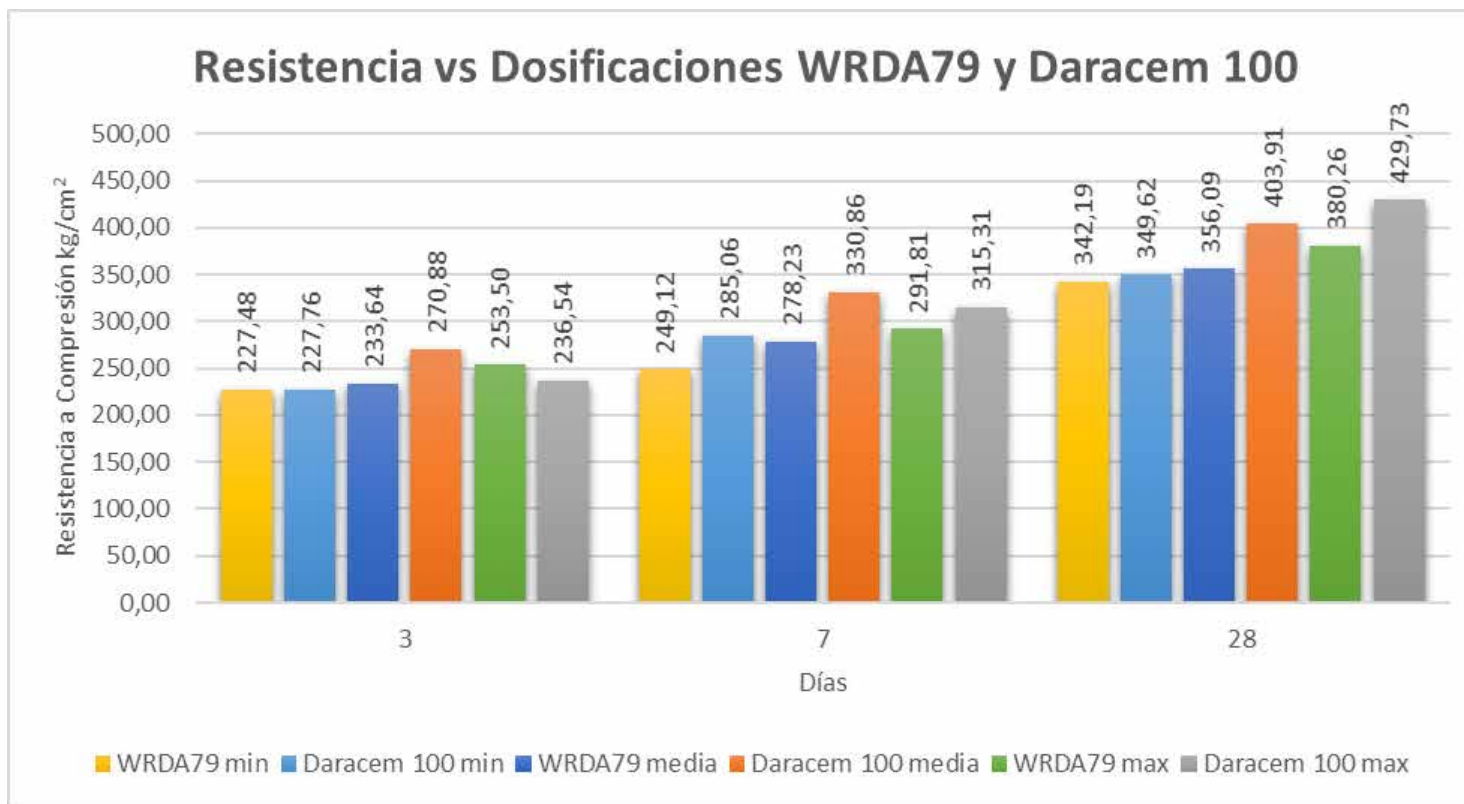


Figura 21: Resistencia a Compresión vs Dosificaciones WRDA 79 y Daracem 100

Fuente: Cruz & Hands, 2018

En la figura 21 se pueden observar las resistencias del concreto con el uso tanto del aditivo WRDA 79, como del Daracem 100 en todas las dosis, a las edades de 3, 7 y 28 días.

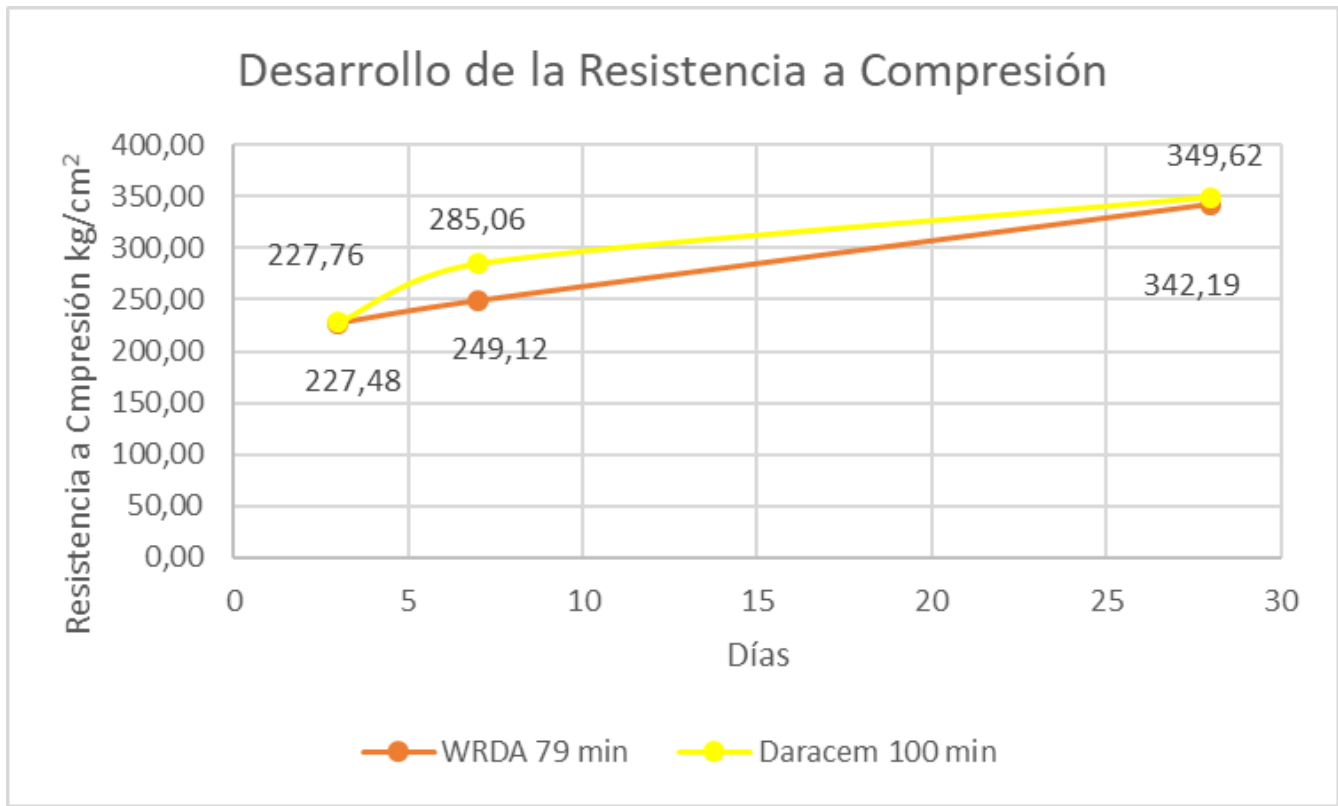


Figura 22: Resistencia a Compresión del WRDA 79 vs Daracem 100 dosis mínima
Fuente: Cruz & Hands, 2018

En la figura 22 se pueden observar las resistencias del concreto con el uso tanto del aditivo WRDA 79, como del Daracem 100 en dosis mínima, a las edades de 3, 7 y 28 días.

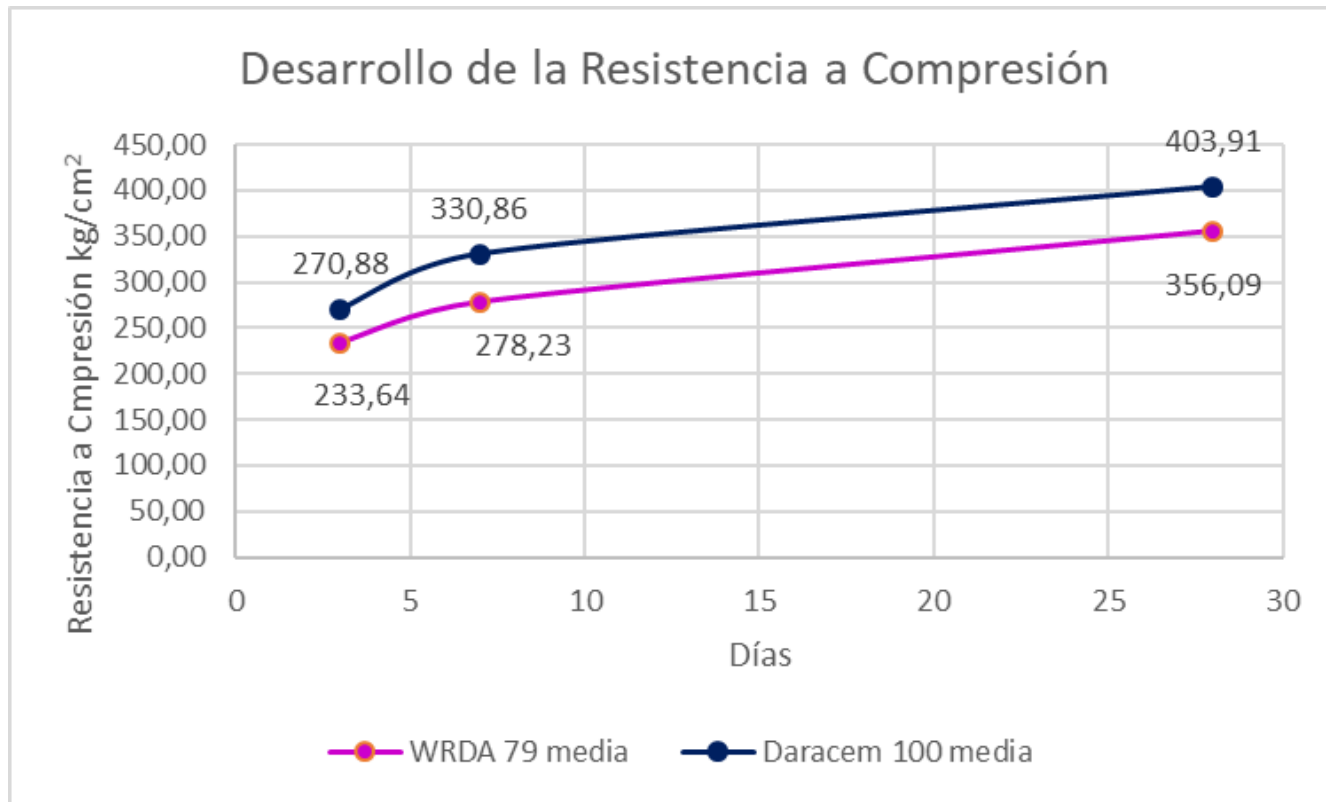


Figura 23: Resistencia a Compresión del WRDA 79 vs Daracem 100 dosis media
Fuente: Cruz & Hands, 2018

En la figura 23 se pueden observar las resistencias del concreto con el uso tanto del aditivo WRDA 79, como del Daracem 100 en dosis media, a las edades de 3, 7 y 28 días.

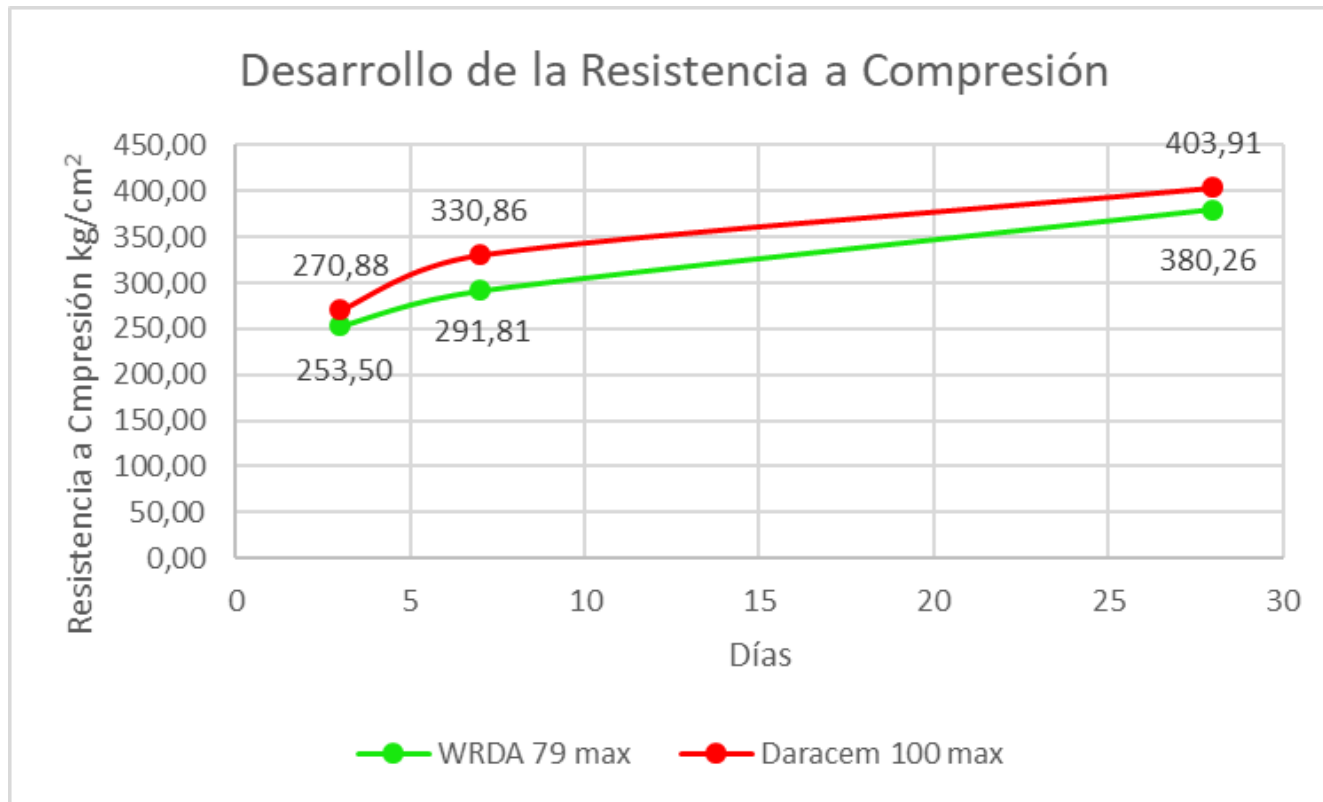


Figura 24: Resistencia a Compresión del WRDA 79 vs Daracem 100 dosis máxima
Fuente: Cruz & Hands, 2018

En la figura 24 se pueden observar las resistencias del concreto con el uso tanto del aditivo WRDA 79, como del Daracem 100 en dosis máxima, a las edades de 3, 7 y 28 días.

CONCLUSIONES

La presente investigación, se desarrolló con la finalidad de realizar un análisis comparativo del aditivo plastificante WRDA 79 y el superplastificante Daracem 100 en el vaciado de concreto de resistencia 250 kg/cm². Donde se efectuaron un conjunto de ensayos determinantes los cuales incidieron a lo largo del desarrollo de este trabajo y a su vez de las conclusiones.

Los ensayos realizados se rigieron por los lineamientos establecidos en las normas COVENIN N° 351, con el cual se obtuvieron datos acerca del comportamiento de variables tales como: relación agua/cemento, reducción de agua y ganancia de resistencia.

Se pudo observar que el comportamiento del concreto con los dos diferentes aditivos, presentaron algunas similitudes y diferencias, la similitud principal fue la del asentamiento, ya que esta propiedad se mantuvo constante (5") a lo largo de la ejecución de las mezclas, solo con una variación de ± 1 ".

En relación a la reducción de agua en el diseño de mezcla con ambos aditivos por separado y en las diferentes dosis, fue una de las principales variaciones observables. Es decir en los dos aditivos estudiados se observó una reducción de agua considerable siendo comparados con la mezcla de concreto base, y como consecuencia la disminución de la relación a/c, pero principalmente se observaron las dos mezclas con cada aditivo en diferentes dosificaciones mínima, media y máxima tal como se puede apreciar en la tabla 36, la cual describe con mayor exactitud las variaciones de dicha variable a través de las tres dosificaciones antes mencionadas y de esta manera se puede ver que el porcentaje de reducción de agua va ir variando, con la comparación del aditivo plastificante y el superplastificante, dentro del rango comprendido entre 5% hasta un 17%. Por medio de lo explicado anteriormente se concluye que en las dosis máximas de los dos diferentes aditivos son donde se aprecia más reducción de agua, y como ya se esperaba el aditivo superplastificante Daracem 100 en su dosis máxima es

el que tendrá una mayor disminución de agua, con una reducción de 17% concordando con la información proporcionada por el fabricante.

En referencia al objetivo de comparar la relación a/c con cada aditivo en diferentes dosis se puede concluir que, a pesar de mantener el asentamiento en $5'' \pm 1''$, se puede observar que la reducción de agua es mayor al aumentar las dosis de cada aditivo, lo cual le añade fluidez para su colocación y manipulación en obra, en consecuencia, se puede decir que, empleando en forma adecuada la dosificación de los aditivos estudiados, se pueden obtener buenos concretos con respecto a las resistencias finales (28 días). De esta manera podemos decir que a pesar que son dos aditivos diferentes siendo aplicados en diferentes dosis la mezcla del concreto tendrá una buena trabajabilidad, siempre y cuando se empleen de forma adecuada y de que se mantenga de manera constante el asentamiento a lo largo de la ejecución de la mezcla.

Respecto a la incidencia de costos según el uso de los aditivos, se pudo concluir que en dosis mínima la diferencia entre el WRDA 79 y el Daracem 100 presentan similitudes tanto en la reducción de agua como en los costos. Por otro lado, en dosis media y máxima, la diferencia de precios es significativa, ya que el Daracem 100 es 90% más costoso en dosis media y 140% en dosis máxima.

En referencia al objetivo de verificar la ganancia de resistencia con la adición de los dos aditivos, podemos observar que en las diferentes dosificaciones de cada aditivo las resistencias a compresión de las mezclas dosificadas son superiores a las resistencias que se pudieron obtener realizando este mismo ensayo a una mezcla de concreto en su forma base (sin aditivos añadidos), lo que demostró la efectividad de usar aditivos en las mezclas de concreto para diferentes tipos de construcciones.

Aunado al objetivo, se comparó la resistencia de los aditivos el WRDA 79 y el Daracem 100 con dosis mínima, media y máxima en diferentes mezclas de concreto y al realizar el ensayo a compresión en las tres edades antes señaladas, se obtuvo que; a los 3 días el aditivo superplastificante Daracem 100 obtuvo mayor resistencia en las dosis mínima y media, pero en la comparación de dosis máxima el aditivo plastificante WRDA 79 obtuvo una mayor resistencia (todo esto puede ser observado en los tablas

y gráficos del Capítulo IV donde se aprecian las resistencias de los 10 cilindros ensayados), se procedió a verificar que a los 7 días el Daracem 100 obtuvo mayores resistencias que el plastificante en las 3 dosis; este comportamiento y cambio más que todo con referencia a la dosis máxima se debe a que el Daracem 100 en dosis altas además de ser un reductor de agua de alto rango también se comporta como un aditivo retardador de fraguado, concordando con la información proporcionada por el fabricante en la ficha técnica del producto utilizado presente en la norma ASTM C494. Por otra parte, a los 28 días, cuando el concreto obtiene su resistencia total se puede observar que el aditivo Daracem 100 en todas sus dosis supero con mayores resistencias al aditivo plastificante WRDA 79. Por medio a lo explicado anteriormente se concluye que el objetivo propuesto referente a la ganancia de resistencia al ser añadidos a la mezcla de concreto queda ratificado.

Todos los análisis de las variables estudiadas conllevan a cumplir con el objetivo general de la investigación, el cual fue realizar el análisis comparativo del aditivo plastificante WRDA 79 y el superplastificante Daracem 100 en el vaciado de concreto de resistencia 250 kg/cm².

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar ensayos de prueba para determinar la dosis más adecuada, ya que ésta varía según el tipo de cemento, retardo requerido, condiciones ambientales, etc.
- Realizar otros ensayos de resistencia mecánica, como el ensayo a la resistencia a la flexión, bajo las mismas dosificaciones de cada aditivo, con materiales tradicionales y/o livianos, para todas las resistencias de uso frecuente.
- Ampliar la investigación implementando la utilización de otros tipos de cementos, no tradicionales, tales como, cementos con adiciones de ceniza volantes, puzolanas, escoria de alto horno, etc.; con el fin de estudiar su funcionalidad en la mezcla de concreto.
- No limitar la fecha de los ensayos a compresión axial a las edades normativas de 28 días, sino estudiar el comportamiento de la resistencia a edades de 3 meses, 6 meses y 1 año, bajo las mismas condiciones del diseño actual.
- Para el uso del aditivo WRDA 79 se recomienda no exceder la dosis máxima de la hoja técnica si se busca aumento de resistencia sin gasto excesivo de aditivo.
- Para el uso del aditivo Daracem 100 se recomienda no exceder la dosis máxima debido a que en dosis altas se comportará como un aditivo retardador de fraguado y esto se verá reflejado en la resistencia del concreto.
- Se recomienda también investigar acerca de las compatibilidades del aditivo WRDA 79 y el aditivo Daracem 100, con otros aditivos de diferente clasificación, señalado en la hoja técnica de cada aditivo.

BIBLIOGRAFÍA

Impresas

Arias, F. (1999). **El Proyecto de Investigación Guía Para su Elaboración**. Tercera edición. Caracas, Venezuela: Episteme.

Arias, F. (2006). **El Proyecto de Investigación Introducción a la Metodología Científica**. Quinta edición. Caracas, Venezuela: Episteme.

Arias, F. (2012). **El Proyecto de Investigación Introducción a la Metodología Científica**. Sexta edición. Caracas, Venezuela: Episteme.

Arnal, Eduardo. (1984). **Concreto Armado**. Tercera edición. Caracas, Venezuela: Arte.

Balestrini, M. (2002). **Como se Elabora el Proyecto de Investigación, Para los Estudios Descriptivos, Diagnósticos, Evaluativos, Formulación de Hipótesis Causales, Experimentales y los Proyectos Factibles**. Sexta edición. Caracas, Venezuela: BL Consultores Asociados, Servicio Editorial.

Hernández, R. Fernández, C. Baptista, P. (1994). **Metodología de la Investigación**. México: McGraw-Hill Interamericana.

Hernández, R. Fernández, C. Baptista, P. (2003). **Metodología de la Investigación**. México: McGraw-Hill Interamericana.

Sabino, C. (2000). **El Proceso de Investigación**. Caracas, Venezuela: Panapo.

Sanjuán B, Miguel A. Chinchón Y, Servando. (2004). **El Cemento Portland. Fabricación y Expedición.** Primera Edición. España: Universitat d' Alacant (Publicacions)

Tamayo y Tamayo, Mario. (2007). **El Proceso de la Investigación Científica.** Cuarta Edición. México: Editorial Limusa S.A.

Digitales

Eralte, Adhony. (2017). **¿Cuál fue el origen del Cemento?** [Portal Web] Disponible en la página: <https://arquigrafico.com/cual-fue-el-origen-del-cemento/>

ARQHYS. (2012). **Resistencia de los Materiales.** [Revista en Línea] Revista ARQHYS. Disponible en la página: <http://www.arqhys.com/construccion/materiales-resistencia.html>



RESULTADOS DE ENSAYOS A LOS AGREGADOS

INFORME N°: 01	FECHA: 11-09-2017.
SOLICITANTE: REBECA CRUZ Y RICARDO HANDS.	

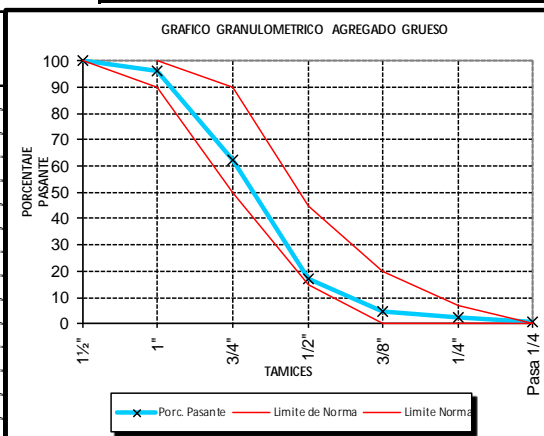
INFORMACION DE LA MUESTRA

TIPO DE AGREGADO: AGREGADO	FECHA DE TOMA: 04-09-2017.
PROCEDENCIA: ACARIGUA EDO. PORTUGUESA.	TOMADO POR: REBECA CRUZ Y RICARDO HANDS.
SITIO DE TOMA: Patio de Moro-mix.	ENTREGADO : REBECA CRUZ Y RICARDO HANDS.

GRANULOMETRIA

Tamaño Maximo: 1".
Modulo de Finura: _____

CEDAZO	% RETENIDO	RETENIDOS ACUMULADOS	PASANTES ACUMULADOS
2½"	0,0	0,0	0,0
2"	0,0	0,0	0,0
1½"	0,0	0,0	100,0
1"	3,7	3,7	96,3
¾"	33,9	37,6	62,4
½"	45,1	82,7	17,3
⅜"	12,4	95,1	4,9
¼"	2,5	97,6	2,4
Pasa 1/4	1,5	99,1	0,9



PESO UNITARIO SUELTO:	Kg/m ³	ABSORCION:
PESO UNITARIO COMPACTO:	Kg/m ³	PASANTE TAMIZ N°200 (74 micras)
PESO ESPECIFICO SAT.S.S.:	gr/ml	PARTICULAS MENORES DE 20 MICRAS
PESO ESPECIFICO REAL:	Kg/m ³	DESGASTE-MAQUINA DE LOS ANGELES:
IMPURESAS ORGANICAS:		CLORUROS Y SULFATOS:

OBSERVACIONES: Agregado Aceptable.
Norma Covenin consultada. Especificaciones de agregados para concreto N° 277-2000 (3ra Revisión).

Anexo 2: Granulometría del Agregado Grueso

Fuente: Cruz & Hands, 2018

WRDA® 79

Reductor de agua • ASTM C494 Tipo A

Descripción

WRDA®79 es una solución de lignosulfonato de alta pureza, conteniendo un catalizador que produce una hidratación rápida y completa del cemento portland. WRDA®79 no contiene cloruro de calcio.

WRDA®79 es fabricado bajo controles estrictos que permiten un desempeño uniforme y predecible. WRDA®79 es un líquido marrón oscuro, de baja viscosidad, listo para usar. Su peso específico es 1.18 gr/cm³.

Usos

WRDA®79 hace la mezcla más trabajable con una reducción de agua de hasta un 15%. Produce concreto más resistente, menos permeable y de mayor durabilidad. Es usado en plantas de premezclado, concreto insitu, pavimentos, concretos normales, livianos, en plantas de premoldeados y pretensados.

Acción química

WRDA®79 es un aditivo químico. Como agente dispersante WRDA®79 disminuye la tracción natural entre las partículas de cemento en el agua. Esto se realiza por acción coloidal, por absorción sobre las partículas de cemento reduciendo su tendencia a aglomerarse haciendo la mezcla más trabajable con menor cantidad de agua. Como catalizador WRDA®79 produce una hidratación más completa del cemento, comenzando inmediatamente después que el cemento y el agua entran en contacto. WRDA®79 incrementa el gel contenido en el concreto, la pasta que une a los agregados del concreto entre sí. El aumento del contenido del gel sumado a la reducción de agua y la



cohesividad interna de la mezcla reduce la exudación y la segregación incrementando la trabajabilidad y la aptitud de colocación.

WRDA®79 reúne los requerimientos de ASTM C494 produciendo reducción de agua sin retardo. La hidratación del cemento continúa rápida y completamente después de su adición.

La cantidad de WRDA®79 a ser usada es de 4 a 8 onzas por saco de cemento. WRDA®79 puede ser adicionado a la mezcla o en el agua.

Equipo dosificador

La División Técnica de Grace dispone de una amplia gama de dosificador automático y semiautomático.

Compatibilidad con otros

WRDA®79 es compatible con concretos que contengan, retardadores de fraguado e incorporadores de aire tales como DARATARD®525 y DAREX®AEA. Cada aditivo deberá ser agregado separadamente.

Suministro

WRDA®79 es suministrado en tambores de 208 lts. o a granel por medio de camiones cisterna.

Asesoramiento Técnico

El Departamento Técnico está a disposición de los clientes y se encarga de la asesoría y ensayos a fin de optimizar las dosificaciones. Para ello

Anexo 3: Información Técnica WRDA 79

Fuente: GRACE de Venezuela, 2017

DARACEM® 100

Aditivo Superfluidificante • IRAM 1663 - ASTM C494 Tipo F y G

Descripción

DARACEM®100 es un superfluidificante, también llamado superplastificante o reductor de agua de alto rango.

DARACEM®100 es el primer superfluidificante especialmente formulado para una vida prolongada del asentamiento. Normalmente los superfluidificantes convencionales tienen un efecto de sólo 25 a 45 minutos; sin embargo DARACEM®100 extiende su efecto superfluidificante al doble o más tiempo que uno convencional. DARACEM®100 es una solución acuosa de dispersantes químicos que combinados con otros, aumentan los efectos benéficos en la calidad y fluidez de la mezcla para hormigón. Su peso específico es 1.23kg/lt.



Acción Química

DARACEM®100 neutraliza la carga en la superficie de las partículas del cemento generando así una gran dispersión, dando como resultado una completa y eficiente hidratación del cemento, lo cual incrementa notablemente el desarrollo de resistencias.

Usos

DARACEM®100 mantiene el asentamiento en un hormigón fluido. Es ideal para un hormigón con baja relación agua/cemento, diseñado para alta resistencia temprana a la compresión y a la flexión, brindando además una excepcional trabajabilidad y fluidez. Debido a su notable capacidad de hacer que el cemento presente en la mezcla rinda al máximo, frecuentemente hace que el cemento Portland Normal rinda como elemento de Alta Resistencia

Inicial. Puede ser usado en premoldeados y en pretensados para reducir el calor externo requerido para un curado acelerado. DARACEM®100 ayuda a solucionar los problemas de colocación del hormigón en elementos densamente armados o encofrados complicados y/o condiciones de trabajo que requieran transporte y bombeo del hormigón a grandes distancias o tiempos prolongados. Un hormigón con DARACEM®100 fluye fácilmente dentro de los encofrados y alrededor de las armaduras y aun en altos asentamientos el hormigón no presenta segregación. El hormigón con DARACEM®100 es fácil de acabar sin grietas de secado características que a veces se presentan con otros reductores de agua de alto rango.

Dosificaciones

DARACEM®100 puede ser dosificado según las características del trabajo. La dosificación puede variar del 0.4% al 1,5% en relación al peso de cemento.

En dosis bajas el DARACEM®100 se comporta como un aditivo superfluidificante; en dosis altas se comporta como un tipo superfluidificante y retardador. Las dosis pueden ser variadas a fin de adaptar el asentamiento a las condiciones de obra.

Compatibilidad con los aditivos

DARACEM®100 tiene una gran capacidad de dispersión, por lo tanto se hace innecesario el uso de aditivos tipo reductores de agua/retardadores,



GRACE
Construction Products

Anexo 4: Información Técnica Daracem 100

Fuente: GRACE de Venezuela, 2017



Anexo 5: Empresa de premezclado MORO MIX C.A.

Fuente: Cruz & Hands, 2018



Anexo 6: Pesaje de materiales a utilizar en la mezcla de concreto

Fuente: Cruz & Hands, 2018



Anexo 7: Ensayo de Granulométrico de la Arena lavada utilizada para la mezcla de concreto

Fuente: Cruz & Hands, 2018



Anexo 8: Preparación de las diferentes mezclas de concreto

Fuente: Cruz & Hands, 2018



Anexo 9: Colocación de las mezclas de concreto en los moldes cilíndricos

Fuente: Cruz & Hands, 2018



Anexo 10: Medición del asentamiento a través del Cono de Abrams

Fuente: Cruz & Hands, 2018



Anexo 11: Cilindros por ensayar dentro de las piscinas

Fuente: Cruz & Hands, 2018



Anexo 12: Ensayo de Fraguado realizado con el Penetrómetro a la Mezcla de
Concreto Base

Fuente: Cruz & Hands, 2018





Anexo 13: Ensayo a compresión de las diferentes mezclas y edades

Fuente: Cruz & Hands, 2018



Anexo 14: Ejemplos de cargas de ruptura y tipo de fallas arrojadas por el ensayo a compresión de los cilindros de concreto

Fuente: Cruz & Hands, 2018