UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

EVALUACIÓN DEL EFECTO PRODUCIDO POR EL ADITIVO DAREX AEA EN UNA MEZCLA DE CONCRETO CON WRDA 79.

Elaborado por:
Sudnicki. G. Enrique G.
González Jhoan M.

Valencia, Noviembre 2012

UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

EVALUACIÓN DEL EFECTO PRODUCIDO POR EL ADITIVO DAREX AEA EN UNA MEZCLA DE CONCRETO CON WRDA 79.

Trabajo Especial de Grado Presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil

Tutor:
Soto, Francisco

Elaborado por:
Sudnicki. G. Enrique G.
González Jhoan M.

Valencia, Noviembre 2012

DEDICATORIA

A Dios por acompañarme en toda mi vida, ayudándome y nunca abandonándome, en las buenas y en las malas.

A mi familia, a mi papá porque fue el que inspiró a elegir esta carrera y siempre me ha apoyado a su manera, un poco distinta. A mi mamá porque siempre estuvo pendiente de mi y nunca me dejo de apoyar para lograr mis metas. A mi hermano, porque desde que quise ante Dios un hermano y llego a mi familia nunca me ha faltado para distraerme y divertirme. A mi hermana porque me ha enseñado otras perspectivas de la vida. A mi vieja, mi triple "ma", por ser tan especial conmigo y ayudarme en todas esas cositas que conoce y me han dirigido en buen camino. A mi abuelo, que me gustaría que estuviese junto a nosotros. A mi abuela María, que en paz descanse. A mi primo José. A mi Duke, siempre lo extrañaré. Y a los tres hermanos adoptados, Jerry, Tom y Pluto. A todos los quiero mucho y gracias por todo.

A mi novia Indra, que siempre me ha apoyado contenta o brava, que me ha acompañado a lo largo de la etapa más importante de mi carrera, me ha ayudado en mis decisiones y siempre ha querido lo mejor para mi. Te quiero.

A mis amigos y compañeros de la carrera. A Jhoan, a Sandras, a Marco, a Dario, al Enano, a Jesús, a Juan Fuentes, a Maycol, a Eli, al Vice, a Aular, a France, a Meli, a Andre, a Pedro, a Yibe, a "Usted me va a disculpar Señora pero yo tengo hambre", a Maydel, a Yuly, al Pollo, al Argentino, a Pionner, a Gabo, a Lozada, a Manza, a Francisco, al Chino, a Luis Fuentes, a Irene, a Giovanni, a Javier, a Chrystofer… Los quiero mucho, ustedes son únicos.

A la señora Belkis, mi mamá de Cagua, por haberme cuidado y alimentado incondicionalmente los días que me toco quedarme por allá.

Sudnicki G. Enrique G.

DEDICATORIA

Agradezco a dios por darme la oportunidad de vivir cada día como aprendiendo todos los días cosas nuevas

A mi papa por darme todos días las ganas de parecerme a él.

A mi mama por apoyarme todos los días de mi vida y por amarme de la manera que lo hace con el amor que siempre demuestra

A mis hermanos por el apoyo moral e incondicional y por ese sobrino tan lindo.

A mis tíos Rafael, Luis, miguel y mi abuelo juan por ayudarme a principios de mi carrera en el momento mas difícil de mi vida.

A María del Valle por darme su amor, en estos 5 años de carrera.

A pichón por animarme a estudiar ingeniería, a Oswaldo, a matos por siempre tenderme una mano amiga.

A mis amigos enrique, Marco, Dario, al Enano, Jesús, Maycol, Aular, France, Meli, Andre, Yibe, Juan, Alberto, Lozada, a Nicolas, a el hermano kioner, al trillo, a yuly a estefania, Vanessa, Iskel, a yulimar, al amansador, Fedor, a Rosita, Verónica a Gaby Saenz. Todos los que siempre estuvieron conmigo en estos años, muchísimas Gracias

A Jennifer por ayudarme en mi primer semestre de la carrera en ese momento que pensé que iba a raspar análisis 1. A Grecia por ayudarme en esos semestres que estudiamos juntos 87.

A Alexander, Lisomar y a Joan por su camaradería en los primeros semestres.

A los profesores de esta universidad por enseñarme a ser un ingeniero.

Gonzalez M. Jhoan M.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestro tutor empresarial Daniel Barroso por guiarnos y ayudarnos en todo lo que estaba a su alcance. Al Prof. Francisco Soto por su apoyo incondicional a sus alumnos. A todos los demás profesores que dedicaron su tiempo para enseñarnos y guiarnos en nuestras vidas.

Agradecemos a la Universidad de Carabobo por prestarnos sus instalaciones de laboratorio de Materiales y Ensayos.

Agradecemos a la planta de Premezclado Prealca C.A. por prestarnos sus instalaciones, sus materiales y todo lo requerido para la realización de este trabajo.

Agradecemos a Juan Abreu, Marco Díaz, Indra Pinto, por acompañarnos y “echarnos una ayudadita” que tanto nos faltaba. En especial a Marco Díaz por ayudar en la travesía de volver a Valencia con un caucho espichado. A las muchachas de prealca, Andris Tenia y Walesca Malpica. Al señor Carlos, Orlando y al vigilante de la planta de Premezclado

UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

CERTIFICADO DE APROBACION

Nosotros los abajo firmantes, miembros del jurado asignado para evaluar el trabajo especial de grado EVALUACIÓN DEL EFECTO PRODUCIDO POR EL ADITIVO DAREX®AEA EN UNA MEZCLA DE CONCRETO CON WRDA 79®. Realizado por los bachilleres Sudnicki G. Enrique S. C.I.:18.866.718, González M. Jhoan M. C.I.: 17.954.797, Hacemos constar que hemos aprobado el trabajo

_____
Prof. Ing. Francisco Soto
Presidente del Jurado

_____
Prof. Javier Alvarez
Miembro del Jurado

_____
Prof. Sandra Lugo
Miembro del Jurado

UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

EVALUACIÓN DEL EFECTO PRODUCIDO POR EL ADITIVO DAREX ® AEA EN UNA MEZCLA DE CONCRETO CON WRDA 79.

Autores: González M. Jhoan M.
Sudnicki G. Enrique G.
Tutor: Soto, Francisco
Fecha: octubre 2012

RESUMEN

En la presente investigación se trabajo para evaluar el efecto producido por el aditivo DAREX ® AEA en una mezcla de concreto con WRDA 79® en la cual se trabajo con una mezcla con las siguientes características: Resistencia a la compresión de 210 kg/cm^2, Trabajabilidad 5 Pulgadas. una vez calibrada la muestra patrón en las siguientes muestras se le fue añadiendo dosis de 0,05%, 0,10%, 0,20%, 0,30% y 0,40% con respecto al peso del cemento, el rango recomendado por el fabricante en la hoja técnica de dicho aditivo es un mínimo de 0,05% hasta un máximo de 0,20% en peso del cemento, esto es con la finalidad de comparar el efecto de qué ocurriría si esta dosis es sobrepasada a lo recomendado por el fabricante, para así ser evaluado los efectos que produzcan con respecto al diseño patrón de características conocidas, evaluando que tanto varia la Trabajabilidad, la densidad, la cantidad de aire ocluido y la resistencia a la compresión. En la práctica de lo antes planteado se observó que el aditivo incorporador de aire DAREX ® AEA provoca variaciones proporcionales a la cantidad de aditivo suministrado en la muestra, al medida de que se iba aumentando la dosis la Trabajabilidad aumenta hasta en un 55% así como también el aire ocluido en un , se noto disminuciones en la densidad de hasta un 5% y en la resistencia a la compresión del 30%, hay que tener en consideración que la mezcla de concreto puede desarrollar hasta un 35% mas de resistencia con respecto a la de los 28 días. Cuando las dosis de DAREX ® AEA sobrepasan los límites establecidos por el fabricante la mezcla de concreto deja de tener el comportamiento lineal y comienza a disminuir su efectividad. **Palabras Claves:** Trabajabilidad, Aire Ocluido, Aditivo, Resistencia a la Compresión.

INTRODUCCIÓN

A partir de la invención de los primeros Aditivos para modificar las propiedades del concreto, estos se han venido desarrollando de una forma ingeniosa dentro del sector construcción. Actualmente contamos con una cantidad infinita de marcas y características, por esta razón es necesario investigar cuales son los efectos producidos de los aditivos en cada una de las mezclas de concreto que se usan en la construcción, es por esto que la presente investigación tiene como principal propósito evaluar el efecto producido por el aditivo DAREX®AEA sobre una mezcla de concreto con WRDA®79. Destacando que el aditivo seleccionado para el presente estudio es de la categoría de incorporador de aire el cual es compatible con el WRDA®79 ofrece un resistencia al hielo y deshielo, mejora la Trabajabilidad, reduce la exudación y se logra reducir hasta un 10% de agua gracias al WRDA®79.

Sin embargo a pesar de todas estas características que proporcionan los aditivos no se pueden usar a la ligera ya que podría ocurrir el efecto inverso de estos productos, para esto se trabajara con una muestra patrón y unas mezclas en la cual se desea saber como actúa con diferentes dosis tanto las normalizadas en su hoja técnica como dosis mayores al estipulado. Se trabajara con 18 muestra de mezclas de concreto en el que se obtendrán resultados de resistencia a la compresión, cantidad de aire ocluido, Trabajabilidad y densidad. Básicamente se buscará comprobar los límites que plantea el fabricante de este aditivo en su hoja técnica. Para una mejor comprensión de las ideas presentadas, la investigación se estructurará en cuatro (4) capítulos, cuyos contenidos se describe a continuación:

En el Capítulo I, se abordará el problema que se plantea, en el que se delimitará cual es la situación que origina el conocer cómo actúa el aditivo, se formulará la interrogante del problema que se está planteando. Posterior a esto, se enmarca los objetivos que se trazarán para llevar a cabo esta investigación, como también la justificación, alcance y limitaciones donde resaltarán los aporte de este estudio.

En el Capítulo II, se encontrarán los planteamientos teóricos con los que se sustenta la investigación, se señalarán los antecedentes que enuncian las investigaciones realizadas en las que se encuentra el mismo contexto de estudio, además se encontrará el marco normativo legal correspondiente a todas las normas que se necesitarán cumplir.

En el Capítulo III, se presentará la metodología en la que se enfocará el estudio propuesto, el cual se establece con la perspectiva de una investigación explicativa, que revelará lo que será; también se indicará la población, muestra y los procedimientos de la investigación con la que se trabajará; así como el instrumento a diseñar para determinar su validez y confiabilidad.

En el Capítulo IV, se presentarán los análisis de los resultados de los datos recolectados para el desarrollo de la investigación con respecto a las variables que serán afectadas por el aditivo DAREX®AEA. Para ello se realizarán las tablas correspondientes a cada una de las variables en estudio.

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO iii

DEDICATORIAS iv

AGRADECIMIENTOS vi

RESUMEN vii

ÍNDICE DE GRÁFICAS Y FIGURAS xii

ÍNDICE DE TABLAS xiv

INTRODUCCIÓN 1

CAPITULO I: EL PROBLEMA

- Planteamiento del problema 3
- Formulación del Problema 4
- Objetivos de la Investigación 5
  - Objetivo General 5
  - Objetivos Específicos 5
- Justificación 5
- Alcance 6
- Limitaciones 6

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

- Antecedentes de la Investigación 7
- Bases Teóricas 9

Generalidades del Concreto 9

Evaluación estadística 9

Componentes 12

Generalidades de los Agregados 12

Clasificación del Agregado 13

Tipos de Agregados 14

Generalidades del Cemento 14

Clasificación de los Cementos 16

Tipo I 17

Tipo II 17

Tipo III 18

Tipo IV 18

Generalidades del Agua 19

Calidad 20

Generalidades de los Aditivos 21

Razones de Empleo de un Aditivo 23

En el Concreto Fresco 23

En el Concreto Endurecido 23

Clasificación 23

Efecto y Control de los Aditivos 26

Modo de Uso 28

Generalidades del Aditivo Incorporador de Aire 28
Mecanismos de Acción 29
Características del Concreto 31
Efectos 32
Efectos sobre la Trabajabilidad 32
Generalidades del DAREX AEA® 33
Usos 33
Acción Incorporadora de Aire 34
Mejora la Trabajabilidad 34
Incremento de la Durabilidad 34
Compatibilidad con otros Aditivos 35
Dosificación 35
Ajustes de Dosificación 35
Generalidades del WRDA®79 36
Dosificación 36
Acción Química 36
Marco Normativo Legal 36
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO
Diseño de la Investigación 39
Nivel de Investigación 39
Tipo de Investigación 40

Sistema de Hipótesis y Variables 40

Población y Muestra 43

Técnicas e Instrumentos 43

Descripción de la Metodología 43

Ensayo de los Agregados Finos y Gruesos 44

Diseño de Mezcla de Concreto (Sin Aditivo DAREX AEA®) 66
Análisis de Datos 71
Ejecución del Diseño de la Mezcla de Concreto 77
Método para la Medición del Asentamiento 78

Método de Ensayo para Determinar el Contenido de Aire en el Concreto Fresco 79

Elaboración, Curado y Ensayo de Probetas Cilíndricas en Concreto 88

Resistencia Mecánica a la Compresión 89

CAPITULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

Condiciones Generales 90

CONCLUSIONES 99

RECOMENDACIONES 101

BIBLIOGRAFÍA 102

ANEXOS 104

Resultado de Ensayos a los Agregados 123

ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICAS

FIGURAS

Figura 1. Medición del Contenido de aire Tipo A 83

Figura 2. Medidor de Aire Ocluido Tipo A 83

Figura 3. Especificaciones del Aditivo DAREX AEA® 105

Figura 4. Especificaciones del Aditivo WRDA®79 107

Figura 5. Recolección de agregados 112

Figura 6. Pesaje de agregados 112

Figura 7. Pesaje de Agua para la mezcla de concreto 113

Figura 8. Mezclado de los agregados 113

Figura 9. Trompo girando y mezclando el concreto 114

Figura 10. Incorporación del Aditivo DAREX AEA® con inyectadora 114

Figura 11. Volteo del trompo sobre carretilla para mejor manejo de la mezcla 115

Figura 12. Remezclado sobre carretilla 115

Figura 13. Ensayo del Cono de Abrams 116

Figura 14. Medición del Asentamiento 116

Figura 15. Relleno de cilindros con la mezcla fresca 117

Figura 16. Cilindros con la mezcla fresca 117

Figura 17. Colocación de la mezcla en el medidor de aire ocluido 118

Figura 18. Ensamblaje del Medidor de Aire Ocluido 118

Figura 19. Incorporación de agua al Medidor de Aire Ocluido 119

Figura 20. Medición del Aire Ocluido 119

Figura 21. Cilindros con la mezcla endurecida 120

Figura 22. Piscina de curado para los cilindros 120

Figura 23. Cilindros listos para medición de la densidad y ensayar compresión 121

Figura 24. Máquina de Resistencia a la Compresión 121

Figura 25. Cilindros luego de ser ensayados a compresión 122

GRÁFICAS

Gráfica 1. Trabajabilidad vs. Aditivo DAREX AEA® 91

Gráfica 2. Aire Ocluido vs. Aditivo DAREX AEA® 92

Gráfica 3. Densidad vs. Aditivo DAREX AEA® 94

Gráfica 4. Resistencia a los 28 días vs. Aditivo DAREX AEA® 95

Gráfica 5. Resistencia a los 60 días vs. Aditivo DAREX AEA® 96

Gráfica 6. Resistencia a los 90 días vs. Aditivo DAREX AEA® 97

Gráfica 7. Granulometría del Agregado Fino 109

Gráfica 8. Granulometría del Agregado Grueso 110

Gráfica 9. Valor de beta 111

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables Operacionales 41

Tabla 2. Valores de la T de Student 64

Tabla 3. Diseño de Mezcla Sin Aditivo Incorporador de Aire 71

Tabla 4. Diseño de Mezcla con adición de Aditivo DAREX AEA® del 0,05% en peso del cemento 72

Tabla 5. Diseño de Mezcla con adición de Aditivo DAREX AEA® del 0,1% en peso del cemento 73

Tabla 6. Diseño de Mezcla con adición de Aditivo DAREX AEA® del 0,2% en peso del cemento 74

Tabla 7. Diseño de Mezcla con adición de Aditivo DAREX AEA® del 0,3% en peso del cemento 75

Tabla 8. Diseño de Mezcla con adición de Aditivo DAREX AEA® del 0,4% en peso del cemento 76

Tabla 9. Resumen de Datos Recolectados 98

Tabla 10. Ensayo de Granulometría del Agregado Fino 109

Tabla 11. Ensayo de Granulometría del Agregado Grueso 110

Tabla 12. Resultados de los Ensayos a los Agregados Finos 123

Tabla 13. Resultados de los Ensayos a los Agregados Gruesos 123

CAPITULO I

EL PROBLEMA

Planteamiento del problema

Los aditivos son químicos que aportan características únicas a la mezcla de concreto fresco o ya endurecido. Actualmente el uso de los aditivos para el concreto se ha vuelto casi necesario para toda obra. Estas sustancias químicas con sus características específicas proveen ventajas ya sea para traslado de una mezcla de concreto fresco como para el uso en sí del concreto endurecido. Tomando en cuenta que debe existir un buen diseño de mezcla, una correcta dosificación de los componentes y del aditivo y, correcto manejo en obra.

Este tipo de sustancia química puede ser natural o de fabricación por laboratorios con estricto control de calidad, son añadidos al concreto antes o durante su mezclado, dependiendo de las necesidades y de las propiedades que se quieran incorporar a la mezcla de concreto.

Una de estas propiedades que se requiere es la incorporación de aire para aumentar la resistencia del concreto en los cambios de temperatura o del hielo y deshielo. Además también modifica otras propiedades en la mezcla, como la reducción de la exudación, la segregación, la retracción y el agrietamiento; mejora la hidratación del cemento, impermeabiliza, aumenta la fluidez del concreto en estado fresco, mejora la trabajabilidad y puesta en obra, evita excesos de aire ocluido y facilita la vibración. También se maneja

los aditivos reductores de agua, que básicamente reducen la cantidad que normalmente se le añade a la mezcla, y vuelve a esta más resistente, menos permeable y con mayor durabilidad.

Se harán las adiciones según lo indicado en la hoja técnica de tal aditivo y el efecto producido por una dosificación mayor a la establecida. Este último para evaluar de manera porcentual la disminución de la trabajabilidad, la densidad, la cantidad de aire ocluido en el concreto y la resistencia a la compresión.

Formulación del Problema

El presente trabajo consiste en la elaboración de tablas y gráficas comparativas, donde previamente se realizaran distintos ensayos de laboratorio para determinar si el aditivo DAREX AEA® funciona correctamente en una muestra de concreto de F'c=210 Kg/cm² con WRDA®79 de 5", debido a que por ser un producto importado diseñado con factores climáticos distintos a los nuestros, no se conocen las consecuencias que tiene por una mala dosificación en la obra. Para el manejo del tema se desarrollaron las siguientes interrogantes:

¿Qué efecto producirá el aditivo DAREX AEA® en una mezcla de concreto con WRDA®79?

¿De qué manera afectará la trabajabilidad y el contenido de aire al incorporar el aditivo DAREX AEA® en una mezcla de concreto fresco con WRDA®79?

¿Cómo se desarrollará la densidad y la resistencia a la compresión del concreto endurecido a lo largo del tiempo con la adición del aditivo DAREX AEA® en la mezcla de concreto con WRDA®79?

Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Evaluar el efecto producido por el aditivo DAREX AEA® en una mezcla de concreto con WRDA®79.

Objetivos Específicos

- Diseñar una mezcla patrón de resistencia a la compresión de F'c=210 Kg/cm² con WRDA®79 de 5" y otras implementando el aditivo DAREX AEA® con las diferentes dosis de aditivos.

- Comparar los efectos producido por el aditivo DAREX AEA® con respecto a la trabajabilidad, el aire ocluido en el concreto, la densidad y resistencia a la compresión.

Justificación

Ningún aditivo mejora la calidad de un concreto mal dosificado. El mal uso de los aditivos en proporciones más altas de lo establecido según la hoja técnica de cada producto, causan sobre la mezcla de concreto un efecto opuesto al que son desarrollados.

El aditivo DAREX AEA® es un aditivo líquido que no requiere premezclado con el agua, incorporador de aire que produce mayor resistencia a los ciclos de hielo y deshielo, aumenta la durabilidad, reduce la exudación, segregación, retracción y agrietamiento; posee catalizadores para la mejor hidratación del cemento, facilita la vibración, evita segregaciones y

mayor fluidez al bombear el concreto (ayudando a disminuir el tiempo de ejecución).

En cuanto al aditivo reductor de agua WRDA®79, contiene un catalizador que produce una hidratación rápida y completa del cemento, reduce hasta un 15% de agua en la mezcla, genera más resistencia y menos permeabilidad en el concreto.

Alcance

Este trabajo se fundamentará en las características del incorporador de aire DAREX AEA® sobre su comportamiento y cualidad en las mezclas de concreto con WRDA®79 con diferentes dosis del aditivo, incluyendo la evaluación a la resistencia a compresión F'c=210 Kg/cm², la trabajabilidad, la densidad, la cantidad de aire ocluido en el concreto. Estas variaciones del aditivo serán comparadas con la mezcla patrón de concreto con WRDA®79. La adición del aditivo WRDA®79 en todas las mezclas de concreto incluyendo la patrón es por requerimiento técnico de la concretera PREALCA C.A.

Limitaciones

La realización del siguiente trabajo se ve limitado el tiempo empleado para los ensayos, donde el más lejano es hasta los noventa días, realizando seis mezclas con distinta proporción del aditivo y una mezcla patrón para la comparación; para cada diseño (tanto para el patrón como para cada variación del aditivo) se realizaran tres mezclas.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

Antecedentes de la Investigación

Antecedentes

Barroso R, Daniel, Ojeda m, Moraima V. (2010) Evaluación del efecto producido por el aditivo DARAVAIR®1000 en el concreto. El objetivo de este trabajo es evaluar mezclas de concreto con 5 dosis diferentes de aditivo DARAVAIR®1000 fabricados por el laboratorio GRACE CONTRUCTIONS PRODUCT, fueron proporcionados dos grupos de agregados provenientes de una cantera de la región centro. Para realizar las muestras se diseño una mezcla de concreto resistencia 210 210kg/cm^2, 5 pulgadas a las que se realizaron 45 cilindros con el aditivo, contra 9 mezclas patrón sin aditivo; para un total de 54 cilindros dando como resultado que el efecto del DARAVAIR®1000 sobre una mezcla de concreto es inversamente proporcional a la resistencia del concreto, a la densidad, y a la trabajabilidad.

María C. Coronil J, Marco A. Pérez R, (2008) Evaluación de mezcla de concreto comunes con aditivos plastificante fabricados por Euclid-Toxement, de acuerdo a su comportamiento con el cemento Tipo I producido por Holcim de Venezuela. El propósito es evaluar mezclas de concreto comunes con un grupo de 11 aditivos plastificantes fabricados por la empresa Euclid-Toxement, de acuerdo a su comportamiento con el cemento venezolano Tipo I producido por Holcim de Venezuela. Fueron proporcionados dos grupos de agregados el primero proveniente de una cantera de la región centro, y el segundo, de la región capital. Fueron

diseñadas las mezclas para concreto bombéables (resistencia 210kg/cm^2 a los 28 días) y concreto común (250kg/cm^2) a las que se realizaron 10 pruebas con el aditivo, contra una mezcla patrón sin aditivo; para un total de 44 pruebas dando como resultado que las dosis ideal EUCON PRO-FINISH 450 es 0,7% respecto al peso del cemento.

Faudito P., José R.; Figueroa R., Eileen Y. (2007). Estudio Experimental del Comportamiento del Aditivo Plastol 6800 como Superplastificante del Concreto. Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia. 8. El objetivo principal de este trabajo fue evaluar el comportamiento del Aditivo Plastol 6800 que es un Aditivo Superplastifcante, reductor de agua y retardante del fraguado. El estudio se basó en su propiedad de plastificar la mezcla; se tomaron muestras de concreto con y sin aditivo, para obtener posteriormente medidas de asentamiento y resistencias a compresión a los 3 y 7 días. El aditivo Platol 6800 logró altas reducciones en el agua de amasado con pocas cantidades, alcanzando resistencias considerables en las resistencias a edades tempranas y mezclas de concreto de consistencia semejantes a la mezcla de referencia.

Muñoz, Francis; Rodríguez, Lorena (2003). Estudios de las Características del Concreto basado en un Diseño de Mezclas con la Investigación de un Aditivo de nueva Generación Reductor de Agua de alto rango y Retardador de Fraguado. Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia. La importancia del presente trabajo radica en las sintetización de las características de un concreto al incorporarle un aditivo superplastificante de Nueva generación denominado GLENIUM TC 1303. El estudio se realizó en dos fases, una primera fase donde la relación agua-cemento se mantuvo invariable en presencia del aditivo y una segunda fase con aditivo dosificado al 1% en peso del cemento y variaciones en la reducción de agua el aporte principal del aditivo determinado con el estudio fue un concreto con una

reducción de agua de 45%, altas resistencias, muy fluido, baja relación agua-cemento, trabajable y sin segregación.

Bases Teóricas

Generalidades del concreto.

El concreto es un material que se puede considerar constituido por dos partes: una es un producto pastoso y moldeable, que tiene la propiedad de endurecer con el tiempo, y la otra son trozos pétreos que quedan englobados en esa pasta. A su vez, la pasta esta constituida por agua y un producto aglomerante y conglomerante, que es el cemento dando lugar, con ello, a su endurecimiento.

Se conocen evidencias históricas de productos parecidos al concreto, con varios milenios de antigüedad. Durante el imperio romano una especie de concreto utilizando el aglomerante que llamaban cementum. El concreto tal como se conoce hoy en día, tuvo sus inicios en la segunda mitad del siglo XVIII, con las investigaciones sobre cales de John Smeaton y Joseph L. Vicat. A principio del Siglo XIX se desarrollan el cemento portland en honor a la piedra caliza de la ciudad de portland en los Estados Unidos de América

Evaluación Estadística

El concreto es uno de los materiales más heterogéneos que existe, y depende por esto de una gran cantidad de variables, entre las que podemos citar la cantidad de variables, la proporción y forma de mezclado de estos, además de los métodos de transporte, colocación y curado. Si a esto se le suma que los métodos disponibles para determinar sus propiedades, son también, en general poco precisos, es lógico esperar que fuera imposible lograr dos mezclas exactamente iguales aún cuando

sean realizadas con los mismos materiales y forma de dosificación y mezclado.

Esto lleva a pensar en la realización de mezclas que cumplan ciertos requisitos y se mantengan en rangos de variabilidad, dentro de los cuales es posible lograr una buena calidad en el concreto.

Las medidas tendientes a reducir el número de variables no controlables y por lo tanto a uniformizar la calidad del concreto, se establecen a través del control de calidad, tanto de los materiales componentes como del concreto mismo. De esta forma, mientras más riguroso sea este control, más uniforme e invariable, dentro del nivel esperado, se mantendrá el material producido; sin embargo y debido a la naturaleza misma del concreto, existe un nivel o límite por debajo del cual la variabilidad del proceso de fabricación no puede disminuirse y por lo tanto debe ser considerada y aceptada a la hora de evaluar al material.

La forma más eficiente para considerar y manejar la variabilidad en la producción de concreto, es mediante procedimientos estadísticos.

En el presente caso se parte con un diseño de resistencia a la compresión 210 kg / cm^2 donde se realizará una mezcla patrón manteniéndose constantes todos los materiales a lo largo del proceso de mezclado y una vez elaborados y curados los cilindros y la única diferenciación será en los siguientes cinco diseños de mezclas donde serán variados la cantidad de dosis de aditivos, medir la resistencia obtenida a los 30, 60 y 90 días para cada diseño realizado.

Fue necesario entonces utilizar conceptos estadísticos para determinar el número de mezcla y de cilindros por cada mezcla necesarios para darle un alto nivel de confiabilidad al trabajo.

En lo sucesivo se hará referencia a las consideraciones y cálculos efectuados para determinar las variables antes mencionadas, sin hacer hincapié, en la explicación teórica de los conceptos utilizados, salvo en los casos que sea necesario.

Las curvas que se van a determinar, están amparadas en la variación de la resistencia, en función de la relación a/c a través de la conocida Ley de Abrams que analíticamente tiene la siguiente ecuación:

$$R = \frac{\mathrm{M}}{N^{a/C}}$$

Donde M y N son los parámetros a determinar para los agregados seleccionados en el presente trabajo.

Esta ecuación puede ser transformada a través de la aplicación de logaritmos a la forma:

$$Log(R) = Log(M) - (a/c)Log\ (N)$$

La cual graficada en el papel semi-logaritmico tiene la forma de una línea recta; puede pensarse entonces, que con dos puntos sería suficiente para establecer la recta, pero este sería el caso en que estos fueran fijos. Cuando los puntos determinados pueden variar con cada ejecución, como es este caso, es necesario tener un número mayor que defina la configuración de la recta dentro de un margen de variabilidad previamente establecido. Además cada uno de estos puntos debe ser lo suficientemente confiables en sí mismos como para darle validez a la recta que ellos definen.

Por otro lado hay que hacer notar que mientras más grande sea el número de puntos, mayor probabilidad existe de concentrar los valores alrededor de la media, reduciendo de esta manera la dispersión del grupo

de datos encontrados, pero con el inconveniente de la realización de un gran número de cilindros y mezclas. Se puede ver entonces que se hacía necesario encontrar una cantidad de cilindros que hiciera muy confiables los puntos obtenidos (además de ser ejecutables) y un número de puntos que le diera validez a la recta que definen.

Componentes

El 80% del peso del concreto esta compuesto por partículas de origen pétreo, de diferentes tamaños, material denominado usualmente como agregados, áridos o inertes. Por esa razón las características de esos materiales son decisivas para la calidad de la mezcla de concreto. La calidad de los agregados depende de las condiciones geológicas de la roca madre y también de los procesos extractivos por eso es importante que las canteras, las areneras y los saques de estos materiales le correspondan el primer control e calidad en todo este proceso.

Generalidades de los agregados

Los Agregados son fragmentos o granos, usualmente pétreos, cuyas finalidades especificas son abaratar la mezcla y dotarla de ciertas características favorables, entre las cuales se destaca la disminución de la retracción de fraguado o retracción plástica.

Las características de los agregados empleados deberán ser aquellas que beneficien el desarrollo de ciertas propiedades en el concreto, entre las cuales destacan: trabajabilidad, las exigencias del contenido de cemento, la adherencia con la pasta y el desarrollo de resistencia mecánica.

Los Agregados suelen considerarse como constituidos por dos fracciones granulares: una formada por las partículas más finas del

conjunto, denominada arena o agregado fino y la otra formada por los granos grandes, que pueden ser trozos de rocas trituradas a los tamaños convenientes, o granos naturales redondeado por el arrastre por el arrastre de las aguas, que se designa como agregado grueso; en estos suelen distinguirse fracciones de varios tamaños que reciben muy diversos nombres, generalmente locales, que no siempre tienen el mismo significado: piedra picada, Triturada, chancada, Canto rodado, grava, gravilla, arrocillo.

La arena esta formada por granos naturales depositados por las aguas. Las llamadas arenas de minas provienen de yacimientos que pueden encontrarse hoy día lejos de cursos de agua que constituyeron parte de ríos o lagunas en anteriores eras geológicas. Sin embargo, en la mayoría de los casos las arenas se extraen de lugares próximos a ríos.

Los agregados gruesos se obtienen de cualquier tipo de roca consistente, generalmente abundante, usualmente se usan las calizas bien consolidadas ya que son una fuente frecuente, cabe señalar que la calidad de estos agregados depende de manera muy importante, de los procedimientos de extracción y de los tratamientos a que hayan sido sometidos.

Clasificación del Agregado

- **Agregado grueso**: Agregado retenido de modo predominante por el tamiz No. 4 (de 4.75mm)
- **Agregado fino**: Agregado que pasa por el tamiz de 3/8 in (9.5mm) y casi pasa por completo por el tamiz No. 4 (de 4.75mm), y es retenido de modo predominante por el tamiz No. 200 (de 0,75mm).

Tipos de Agregados

- **Grava:** Material granular que es retenido de modo preponderante por el tamiz No. 4 (de 4.75mm) y que resulta de la desintegración y abrasión natural de la roca o al procesar un conglomerado débilmente ligado.
- **Arena**: Material granular que pasa por el tamiz de 3/8 in (9.5mm) y casi pasa por completo por el No. 4 (de 4.75mm), y es retenido de modo predominante por el No. 200 (de 0.75mm) y que resulta de la desintegración y abrasión natural de la roca o al procesar arenisca por completo desmenuzable.
- **Piedra triturada**: Producto que resulta de la trituración artificial de rocas, piedras-bolas o pedruscos grandes, todas las caras del cual poseen de modo considerable aristas bien definidas y que han sido resultado de la operación de trituración.
- **Escoria de alto horno enfriada por aire:** Producto no metálico, que consta en esencia de silicatos y aluminosilicatos de calcio y otras bases, y que se desarrolla en condición fundida simultáneamente con el hierro en un alto horno.
- **Grava triturada:** producto que resulta de la trituración artificial de grava, con un porcentaje mínimo especificado de fragmentos que tengan una o más caras que resulten de la fractura.

Generalidades del Cemento

El cemento es el componente activo del concreto y representa de un 10 a un 20 % del peso del concreto, siendo el 80 a 90% restante el que condiciona la posibilidad de que se desarrollen las propiedades del concreto.

La ubicación de materiales cementantes, se remonta a la época de los egipcios, romanos y griegos; los primeros utilizaban yeso calcinado

impuro, mientras que los otros utilizaban caliza calcinada y cal con agua, para sus mezclas con piedras trituradas y tejas quebradas.

Los romanos utilizaban la ceniza volcánica, por su contenido de sílice activa alúmina, para mezclarla con cal, dando origen a lo que se conoce como cemento puzolanico, ya que proviene del pueblo de puzzouli, cerca de Vesubio, en nuestros días se conocen muchas obras construidas por los romanos, las cuales han sobrevivido con su material cementante aun firme y duro. De la época señalada, a los años siguientes no hubo gran avance en cuanto a material cementante.

No fue sino hasta el siglo XVIII, cuando Jhon Smeaton en 1756 descubrió que el mejor mortero se obtenía cuando se mezclaba “puzolana” con caliza que contenía una alta cantidad de material arcilloso, además de ser el primero de conocer las propiedades químicas de la cal hidráulica.

A partir del descubrimiento de estos dos materiales, fue cuando se comenzó a notar un gran avance en otros tipos de cemento. Fue entonces James Parker quien obtuvo un buen resultado con la calcinación de nódulo de caliza arcillosa, para que luego de varios procesos de perfeccionamiento Joseph Aspdin patentara el Cemento Portland en 1824.

En 1845, Isaac Jhonson quemó una mezcla de arcilla y caliza hasta la formación de clinker, con lo cual logro producir la reacción necesaria para la formación de un compuesto cementante; por ellos es a él a quien se atribuye el prototipo del cemento moderno.

El Cemento Pórtland, uno de los componentes básicos para la elaboración del concreto, debe su nombre a Joseph Aspdin, un albañil inglés quién en 1824 obtuvo la patente para este producto.

Debido a su semejanza con una caliza natural que se explotaba en la Isla de Pórtland, Inglaterra, lo denominó Cemento Pórtland. Los cementos Pórtland son cementos hidráulicos compuestos principalmente de silicatos de calcio hidráulicos, esto es, fraguan y endurecen al reaccionar químicamente con el agua. En el curso de esta reacción, denominada hidratación, el cemento se combina con el agua para formar una pasta, y cuando le son agregados arena y grava triturada, se forma lo que se conoce como el material más versátil utilizado para la construcción: el concreto.

El clinker, la materia prima para producir el cemento, se alimenta a los molinos de cemento junto con mineral de yeso, el cual actúa como regulador del fraguado. La molienda conjunta de éstos materiales produce el cemento. Las variables a controlar y los porcentajes y tipos de materiales añadidos, dependerán del tipo de cemento que se requiera producir. El tipo de materias primas y sus proporciones se diseñan en base al tipo de cemento deseado. La norma ASTM C 150 establece ocho diferentes tipos de cemento, de acuerdo a los usos y necesidades del mercado de la construcción:

Clasificación de los cementos

Tipo, nombre y aplicación

I: Normal. Para uso general, donde no son requeridos otros tipos de cemento. IA: Normal. Uso general, con inclusor de aire.
II: Moderado. Para uso general y además en construcciones donde existe un moderado ataque de sulfatos o se requiera un moderado calor de hidratación.
IIA: Moderado. Igual que el tipo II, pero con inclusor de aire.
III: Altas resistencias. Para uso donde se requieren altas resistencias a edades tempranas.

IIIA: Altas resistencias. Mismo uso que el tipo III, con aire incluido.
IV: Bajo calor de hidratación. Para uso donde se requiere un bajo calor de hidratación.
V: Resistente a la acción de los sulfatos. Para uso general y además en construcciones donde existe un alto ataque de sulfatos.

Tipo I

Este tipo de cemento es de uso general, y se emplea cuando no se requiere de propiedades y características especiales que lo protejan del ataque de factores agresivos como sulfatos, cloruros y temperaturas originadas por calor de hidratación. Entre los usos donde se emplea este tipo de cemento están: pisos, pavimentos, edificios, estructuras, elementos prefabricados.

Tipo II

El cemento Pórtland tipo II se utiliza cuando es necesario la protección contra el ataque moderado de sulfatos, como por ejemplo en las tuberías de drenaje, siempre y cuando las concentraciones de sulfatos sean ligeramente superiores a lo normal, pero sin llegar a ser severas (En caso de presentarse concentraciones mayores se recomienda el uso de cemento Tipo V, el cual es altamente resistente al ataque de los sulfatos).
Genera normalmente menos calor que el cemento tipo I, y este requisito de moderado calor de hidratación puede especificarse a opción del comprador. En casos donde se especifican límites máximos para el calor de hidratación, puede emplearse en obras de gran volumen y particularmente en climas cálidos, en aplicaciones como muros de contención, pilas, presas, etc. La Norma ASTM C 150 establece como requisito opcional un máximo de 70 cal/g a siete días para este tipo de cemento.

Tipo III

Este tipo de cemento desarrolla altas resistencias a edades tempranas, a 3 y 7 días. Esta propiedad se obtiene al molerse el cemento más finamente durante el proceso de molienda. Su utilización se debe a necesidades específicas de la construcción, cuando es necesario retirar cimbras lo más pronto posible o cuando por requerimientos particulares, una obra tiene que ponerse en servicio muy rápidamente, como en el caso de carreteras y autopistas.

Tipo IV

El cemento Pórtland tipo IV se utiliza cuando por necesidades de la obra, se requiere que el calor generado por la hidratación sea mantenido a un mínimo. El desarrollo de resistencias de este tipo de cemento es muy lento en comparación con los otros tipos de cemento. Los usos y aplicaciones del cemento tipo IV están dirigidos a obras con estructuras de tipo masivo, como por ejemplo grandes presas. La hidratación inicia en el momento en que el cemento entra en contacto con el agua; el endurecimiento de la mezcla da principio generalmente a las tres horas, y el desarrollo de la resistencia se logra a lo largo de los primeros 30 días, aunque éste continúa aumentando muy lentamente por un período mayor de tiempo En la fabricación del cemento se utilizan normalmente calizas de diferentes tipos, arcillas, aditivos -como el mineral de fierro cuando es necesario- y en ocasiones materiales silicosos y aluminosos. Estos materiales son triturados y molidos finamente, para luego ser alimentados a un horno rotatorio a una temperatura de 1,400 grados centígrados y producir un material nodular de color verde oscuro denominado CLINKER

Generalidades del Agua

El agua es imprescindible en varias etapas de la elaboración del concreto: en el mezclado, fraguado y curado. Es Agua ocupa entre un 15 y un 20% del volumen del concreto fresco y conjuntamente con el cemento forman un producto coherente, pastoso y cohesivo que funciona para acomodar el concreto en los moldes finales. El concreto gana resistencia a través del proceso químico de hidratación, una reacción cemento-agua la cual produce el fraguado del concreto desde la pasta en su estado inicial, hasta que llegamos al endurecimiento que es donde desarrolla las altas resistencias a largo plazo. El secado del concreto hará que cese esta reacción, como la reacción del cemento con el agua se lleva a efecto durante un periodo prolongado, es necesario evitar la pérdida de agua del concreto durante este periodo, con el fin de alcanzar la resistencia inherente de la mezcla del concreto. Como ejemplo, el concreto curado en húmedo alcanzara en 28 días alrededor del 80% de su resistencia, en 14 días alcanzara el 70% y en 7 días alcanzara el 45%. El secado del concreto en estas primeras etapas, limitara severamente la ganancia de resistencia, ya que, una vez secado, la ganancia de resistencia será muy poca. Se puede ver que, para obtener la resistencia deseada, el curado del concreto es de suma importancia.

La hidratación del Cemento Empieza al primer contacto con el agua de mezclado, y desde la superficie de cada grano de cemento hacia el interior; es un proceso muy rápido en los primeros minutos y horas que se prolonga por varios meses y años siempre que haya humedad suficiente. Durante las primeras horas hay reserva suficiente de agua en el concreto y luego se pierde progresivamente por evaporación; la exudación es lo primero que ocurre, que es la capa superficial brillante que se observa al realizar la compactación del concreto.

El concreto pasa por cambios de volumen en ciclos alternados de humidificación y secado, se contrae al secarse y se expande al humedecerse. La resistencia a la flexión del concreto también se desarrolla con lentitud. Si el concreto se seca y humedece alternadamente cuando es reciente y tiene baja resistencia a la flexión, puede presentarse agrietamiento en especial en la superficie. Por lo tanto, el curado debe ser continuo, para evitar estos cambios perjudiciales en el volumen.

Como cualquier pérdida de humedad del concreto dará por resultado un perjuicio en la resistencia o agrietamiento superficial, el curado debe comenzar, sin importar el método, tan pronto como se quite el encofrado, tan pronto como la superficie no resulte dañada por el procedimiento del curado. Por esta razón en el laboratorio de calidad su suele sumergir el molde de concreto en una especie de piscina para que esta pueda tener un curado correcto para que no haya perdida de humedad y la resistencia sea la deseada.

Calidad

El agua para mezclar y curar el concreto será satisfactoria si es potable. El agua para curar o mezclar debe estar razonablemente limpia y sin cantidad objetables de materia orgánica, fango y sales. El límite máximo de turbidez debe ser de 2000ppm, en general se puede usar, sin necesidad de realizar pruebas, agua clara que no tenga sabor salobre o salado, para mezclado y curado del concreto.

La experiencia y las pruebas han demostrado que se puede usar con seguridad agua que contenga concentraciones de sulfato de menos del 1%; no obstante, se pueden tener perjuicios en la resistencia, se ha informado que el 0,5% de sulfato reduce la resistencia en un 4%, y que el 1% de sulfato reduce en un 10%.

La sal común (cloruro de sodio) en concentraciones del 3.5% puede reducir la resistencia del concreto de un 8 a 10%, pero es posible que no produzca otros efectos perjudiciales. El agua mineral intensamente carbonatada puede producir reducciones apreciables en la resistencia. El agua de ciénagas o de lagos estancados puede contener ácido tánico, el cual puede causar retardos en el fraguado y desarrollo de la resistencia.

Dicho de otro modo, en los casos en que se puede elegir, debe usarse la fuente más limpia y clara de agua.

Generalidades de los aditivos

Se conoce por el nombre de aditivos a los productos químicos que se añaden en pequeña proporción a los morteros o concretos durante su mezclado, con el propósito de modificar las propiedades de las mezclases en su estado fresco tanto como en el estado solido.

Un aditivo, según las “Definiciones estándar de términos referentes a hormigón y áridos para hormigón”, es “un material distinto del agua, árido y Cemento Portland (incluyendo el Cemento Portland con aire ocluido o los Cementos Portland de alto horno) que se emplea como ingrediente del concreto y se añade antes o durante la mezcla”.

El uso de aditivos en el concreto está ampliamente extendido, pero conviene recordar que el uso de aditivos cualquiera que este sea, no mejora la calidad de un concreto mal dosificado y que una cantidad excesiva de aditivos puede conducir a resultados catastróficos.

Los aditivos Representan un adelanto tecnológico en la industria de la construcción con concreto ya que muchas de las obras con concreto no hubieran tenido cabida sin los aditivos.

Los aditivos para el concreto en venezuela, aparecieron en el mercado a finales de los años cuarenta y se empezaron a fabricar en el país en los años setenta. En la actualidad los aditivos son utilizados cada dia mas en premezclados en Venezuela ya que con estos pueden obtener concretos de mayores exigencias, no es exagerado afirmar que en muchos casos, un aditivo permite el uso de procedimientos constructivos menos costosos.

Al evaluar la conveniencia del uso de un determinado aditivo se debe tomar en cuenta, no solo las ventajas que se supone que se tendrá en su empleo, sino también las precauciones adicionales, hay que evaluar el costo de control de calidad mas cuidadoso que su empleo obliga. Dosis excesivas de aditivos que pueden generar reacciones imprevistas y una dosis insuficiente podría no tener efecto.

La presencia cada vez mayor de productos de alto rendimiento, en particular los denominados aditivos superplastificante, cuyo efecto tiene limitaciones en el tiempo de duración en su efectividad en el concreto fresco, obliga a una cuidadosa planificación de todas las etapas del proceso desde la dosificación del concreto hasta su compactación, acabado y curado.

En general se recomienda seguir las indicaciones de uso señaladas por el fabricante pero, para obtener resultados óptimos, es imprescindible comprobar la efectividad del producto con los materiales y las condiciones que se van a utilizar en la obra. Las dosis recomendadas en la literatura técnica y divulgativa deben tomarse solo como índices aproximados, las dosificaciones reales deben ser estudiadas según sea el caso mediante la ejecución de pruebas debidamente controladas Algunas especificaciones de los fabricantes indican la dosis recomendada y la dosis máxima permisible, estas dosis vienen dados en cantidades proporcionales al peso del cemento.

Razones de Empleo de un Aditivo

Algunas de las razones de empleo de un aditivo son:

En el concreto fresco

- Incrementar la Trabajabilidad sin aumentar el contenido de agua
- Disminuir el contenido de agua sin modificar su trabajabilidad
- Reducir o prevenir asentamiento de la mezcla
- Crear una ligera expansión
- Modificar la velocidad y/o el volumen de exudación
- Reducir la segregación
- Facilitar el bombeo
- Reducir la velocidad de perdida de asentamiento

En el concreto endurecido

- Disminuir el calor de hidratación
- Desarrollo inicial de resistencia
- Incrementar las resistencia mecánicas del concreto
- Incrementar la durabilidad del concreto
- Disminuir el flujo capilar del agua
- Disminuir la permeabilidad de los líquidos
- Mejorar adherencia concreto-acero de refuerzo
- Mejorar la resistencia del impacto y la abrasión

Clasificación

La norma ASTM C 494 "Chemical Admixtures for Concrete", en Venezuela COVENIN 357 distingue ocho tipos:

1. Tipo A: Reductores de agua.

2. Tipo B: Retardadores.

3. Tipo C: Aceleradores.

4. Tipo D: Reductores de agua y retardadores.

5. Tipo E: Reductores de agua y aceleradores.

6. Tipo F: Reductores de agua de alto rango.

7. Tipo G: Reductores de agua de alto rango y retardadores.

8. Tipo H: Reductores de agua de alto rango y aceleradores

Los aditivos incorporadores de aire se encuentran separados de este grupo, e incluidos en la norma ASTM C260 “Especifications for Air Entraning Admixtures for Concrete”, en Venezuela COVENIN 357:1994.

Por su parte el código de buena práctica “Aditivos, Clasificación, Requisitos y Ensayos”, elaborado por el Centro Tecnológico del Hormigón (CTH), establece la siguiente clasificación:

- Retardadores de fraguado
- Acelerador de fraguado y endurecimiento
- Plastificante
- Plastificante-Retardador.
- Plastificante-Acelerador
- Superplastificante
- Superplastificante retardador.
- Incorporador de aire.

Finalmente, la norma Francesa AFNOR P 18-123 “Betons: Definitions et Marquage des Adjunvants du Betons” establecen un clasificación más amplia.

Aditivos que modifican las propiedades Reológicas del concreto fresco:

- Plastificantes-Reductores de agua
- Incorporador de aire
- Polvos minerales Plastificantes
- Estabilizadores

Aditivos que modifican el fraguado y el endurecimiento

- Aceleradores de Fraguado y/o endurecimiento
- Retardadores de Fraguado

Aditivos que modifican el Contenido de Aire

- Incorporadores de Aire
- Antiespumantes
- Agentes Formadores de Gas
- Agentes Formadores de Espuma

Aditivos que modifican la resistencia a las Acciones Físicas

- Incorporador de Aire
- Anticongelantes
- Impermeabilizantes

Aditivos Misceláneos

- Aditivos de cohesión-emulsiones
- Aditivos Combinados
- Colorantes
- Agentes Formadores de Espumas

Aditivos que modifican las propiedades Reológicas del concreto fresco

La ionización de los filamentos del aditivo produce la separación de los granos de cemento entre sí, conduciendo a una efectiva defloculación. Los granos de cemento quedan individualizados y defloculados, facilitándose aún más el mojado, lo que produce una hidratación y reducción del esfuerzo de cizalle necesario para poner en movimiento el hormigón fresco, lo que explica su efecto como plastificante.

Por otro lado las moléculas del aditivo son absorbidas y se orientan en la superficie de los granos de cemento en un espesor de varias moléculas, de lo que resulta una lubricación de las partículas. Este mecanismo puede producir incorporación de aire en forma de microburbujas esféricas, al evitar que el aire atrapado se disuelva o salga a la superficie, actividad que aumenta con la longitud de la cadena molecular. El efecto de incorporación de aire no siempre se ve expresado en un mayor volumen de aire al hacer el ensayo en un aerímetro, pues se supone que el aditivo convierte el aire atrapado en burbujas microscópicas retenidas en su masa, las que actúan como rodamiento entre las partículas sólidas, contribuyendo al aumento de la docilidad del hormigón.

Efecto y Control de los Aditivos

El uso de los aditivos influye en más de una propiedad del concreto, afectando también a veces ciertas propiedades de un modo adverso, tal es el caso del efecto modificador del tiempo de fraguado el cual es limitante en bastantes aditivos e impide que se puedan usar en proporciones que serían más beneficiosas en cuanto a trabajabilidad y resistencia. Al usar aditivos retardadores con cementos bajos en aluminato tricálcico los periodos de retraso inicial van seguidos de una

rápida hidratación y endurecimiento de pasta. Básicamente, el uso de aditivos en el concreto pesado está destinado a mejorar la trabajabilidad, y facilitar su colocación. También los aditivos reductores de aire mejoran levemente la densidad del concreto.

La adición de los aditivos reductores de agua a la dosis recomendada por los fabricantes (0,2 a 0,3%) generalmente permite reducir la relación agua/cemento en 5% aproximadamente, manteniendo la misma trabajabilidad. Cuando se añaden estos fluidificantes, se obtiene un incremento de asentamiento acompañado generalmente por retardos excesivos del fraguado, si se utiliza una dosificación demasiado alta de estos fluidificantes, esto es por el efecto retardador del componente principal o del componente menor del fluidificante reductor de agua.
Los aditivos plastificantes o fluidificantes normalmente ejercen un efecto secundario de significativa importancia, mientras que en los concretos con aditivos superplastificantes este efecto es mínimo.

La plasticidad del concreto es muy importante, ya que si su condición plástica es adecuada, asegura la posibilidad de su futura densidad, resistencia mecánica, durabilidad, elasticidad y otras propiedades que reflejan la calidad de la mezcla. La reducción de agua trae como consecuencia el aumento de la resistencia; la reducción de cemento es una consecuencia del efecto de dispersión del aditivo.

Los aditivos de mayor interés en lo que se refiere a la reología del concreto son los aditivos plastificantes y su efecto fundamental consiste en un mejoramiento de tixotropía. Esta propiedad del material de “atiesarse” cuando está en reposo y de ser fluido cuando está en movimiento, es controlada por los aditivos plastificantes en mayor o menor grado, siendo la ventaja del aditivo, que todo esto lo consigue sin afectar la resistencia, debido a su efecto asociado de reductor de agua.

Modo de Uso

Los aditivos se dosifican hasta en un 5% del peso de la mezcla y comúnmente son usados entre el 0,1% y 0,5% del peso del cemento.
Por otra parte la utilización de los aditivos no debería, con toda objetividad ser subestimada o menospreciada.

De este modo el efecto deseado y su uso lo describen los propios fabricantes pero algunos son desconocidos por ellos, por lo que es importante que antes de su uso se realicen pruebas a fin de constatar las propiedades del material.

Resulta claro que los aditivos deben incluirse en el diseño de la mezcla.

Generalidades del Aditivo Incorporador de Aire.

En 1932, se observó en los Estados Unidos que algunos tramos de carreteras resistían mejor el efecto del hielo que otros. Analizando este concreto al microscopio, se observo que contenía una gran cantidad de micro burbujas de aire, determinándose que había sido confeccionado con cemento procedente de fábricas que usaban en la molienda aditivos a base de aceite vegetal o jabón.

Esta experiencia hizo resaltar el efecto del aire incorporado sobre la resistencia del concreto, a los procesos de hielo-deshielo, lo que fue confirmado en experiencias posteriores. El concreto, además de sus componentes sólidos, contiene un porcentaje de vacíos de formas y de menciones variadas, provenientes del aire atrapado y de la fricción del agua de amasado que se evapora. En cambio, al utilizar un incorporador de aire se producen micro burbujas esféricas, cuyos diámetros oscilan

entre 35 y 250 milésimas de milímetros con una distancia entre ellas de 100 a 200 milésimas de milímetros.

Para otorgar resistencia a las heladas interesar particularmente que las burbujas sean pequeñas. La pasta de cemento está protegida contra los efectos del hielo-deshielo, si el factor de distancia es menor de 0.20mm.

Mecanismo de acción.

Durante el amasado del concreto se forman burbujas de aire de diferentes tamaños, debido a los movimientos internos de los materiales del concreto.

Mientras más pequeña es la dimensión de las burbujas, mayor es la presión ejercida sobre ellas, por lo que éstas tienden a disolverse en el agua. Por su parte, las burbujas de mayor dimensión, debido a la menor presión que experimentan, tienden a crecer, son más deformables y pueden escapar especialmente durante la compactación del concreto. Las que no se escapan pueden aumentar de volumen, alimentadas por las más pequeñas, formando huecos que permanecen indefinidamente en el concreto.

De lo anterior se deduce que un concreto convencional, sin aditivo plastificante, prácticamente no puede contener burbujas inferiores a 0.1 o 0.2 mm. Puesto que éstas se disuelven en el agua. Sin embargo, con aditivo aun cuando la cantidad de aire sea similar, sus características serán muy distintas desde el punto de vista reológico y de su resistencia al hielo.

Los incorporadores de aire son productos de naturaleza aniónica que, al introducirse en una pasta de cemento, quedan adsorbidos sobre la

superficie de las partículas de cemento formando una delgada capa de filamentos de naturaleza hidrófoba, orientados desde la superficie de éstas últimas hacia la fase acuosa entre granos sólidos y con su fase polar adherida a la superficie de los granos de cemento.

Por otra parte, una pequeña proporción del producto se disuelve en fase líquida y, durante el amasado del concreto, produce burbujas de aire que quedan distribuidas en dicha fase sin unirse entre sí debido a que en ellas los filamentos se orientan hacia el interior de las burbujas con su fase polar sobre dicha superficie.

La cantidad y características del aire incorporado dependen de numerosos factores, entre los cuales pueden dimensionarse:

- Tipo y cantidad del aditivo

Intervienen tanto sobre la cantidad como sobre el tamaño, distribución y estabilidad de las burbujas de aire incorporadores.

- Tipo y dosis de cemento

La cantidad de aire incorporado disminuye cuanto más fino es el cemento y más alta es su dosis en el concreto.

- Docilidad del concreto

La cantidad de aire y tamaño de las burbujas de aire incorporado aumentan con la mayor fluidez del concreto.

Características del Concreto

Las características del concreto inciden en la cantidad de aire incorporado. Entre ellas pueden mencionarse:

- Proporción de mortero en el concreto.
- Tamaño máximo del agregado grueso.
- Contenido de granos finos entre 0,2 y 0,8 mm

Condiciones de fabricación y puesta en obra del concreto

Las condiciones más influyentes en la cantidad de aire incorporado son:

- Tiempo de amasado: un amasado muy prolongado hace perder parte del aire, el remanente es de un diámetro más pequeño puesto que las burbujas más grandes son más inestables, tendiendo a romperse o a salir a la superficie.
- Condiciones de transporte: mientras más trepidaciones y traspasos experimenta el concreto en su transporte mayor es la cantidad de aire perdido.
- Condiciones de compactación: una cierta cantidad de aire puede perderse por efecto de la compactación si su energía es muy elevada y el tiempo de vibración prolongado, especialmente si la docilidad del concreto es alta.

Por las razones expuestas, la cantidad de aire incorporado debe controlarse sistemáticamente, midiéndolo mediante métodos adecuados.

Efectos

La incorporación de aire en el concreto produce diversos efectos sobre éste, tanto mientras se mantiene en estado plástico como cuando ya ha endurecido.

Debe señalarse que el efecto principal buscado con el uso de los incorporadores de aire es el aumento de la resistencia del concreto frente a los ciclos alternados de hielo-deshielo, que pueden producirse en los períodos en que las temperaturas ambiente descienden bajo 0ºC, caso en el cual su empleo debe considerarse imprescindible.

Sin embargo, la incorporación de aire tiene también otros efectos secundarios de importancia, algunos de características favorables para el uso del concreto, los cuales se analizan en los párrafos que siguen.

Efecto sobre la trabajabilidad del concreto.

Las burbujas de aire formadas en el concreto fresco actúan al mismo tiempo como un fluido, aumentando su docilidad, y como un inerte, ya que, por su tamaño, equivalen a partículas de tamaño inferior a 2 mm, con la ventaja de tener un mejor coeficiente de forma, de ser elásticas y deformabas, lo que les permite deslizarse sin rozamiento.

Se varía, por lo tanto, las propiedades reológicas del concreto, aumentando la cohesión, con lo cual se reduce la tendencia a la segregación y la exudación, lo que facilita su puesta en obra.

Por otra parte, al disminuirse la exudación se evita la acumulación de agua bajo las barras de acero y los agregados gruesos, mejorando su adherencia.

Se debe considerar que la incorporación de aire produce disminuciones en las resistencias mecánicas del orden de 3 a 5% por cada 1% de aire incorporado. Esta pérdida de resistencia se compensa en parte al bajar la razón agua-cemento por el efecto plastificador antes descrito.

Sin embargo, debe considerarse que un efecto más significativo se obtiene con un aditivo plastificante-incorporador de aire.

Efecto sobre la impermeabilidad

En el concreto endurecido, las microburbujas producidas por el aditivo incorporador de aire se interponen en la red de canalículos interna que existe en todo concreto, lo cual permite limitar la ascensión de agua por capilaridad. El concreto resultante es, en consecuencia, más impermeable e indirectamente, por ello más resistente a la acción de agentes agresivos.

Generalidades del DAREX® AEA.

Es una solución acuosa de una compleja mezclas de sales de ácidos orgánicos que contiene un catalizador para una mas rápida y completa hidratación de cemento portland. Darex AEA esta específicamente formulado para su uso como oclusor de aire para hormigón, y se fabrica bajo un estricto control que permite esperar una acción uniforme y predecible. Se presenta en forma liquida, lista para su uso y no requiere premezclado con agua. Tiene baja viscosidad y peso especifico de 1.03g/cm^3.

Usos

DAREX®AEA es principalmente recomendable para estructuras hidráulicas en general, su uso es extensivo también a plantas de

hormigón elaborado para prefabricados de hormigón, hormigones para pavimentos y estructurales.

Acción incorporadora de aire

El aire es incorporado por medio del desarrollo de un sistema microscópico de burbujas introducido en la mezcla por agitación y estabilizado por medio de DAREX®AEA. En la fase mortero del hormigón el aire incorporado es controlado. Pequeñas variaciones en su dosificación no influyen en el total del aire ocluido, el cual es automáticamente limitado. DAREX®AEA es el único agente incorporador de aire que asegura una producción de burbujas estables óptimas en tamaño, número y separación.

Mejora de la Trabajabilidad

En hormigón fresco se reduce la cantidad de agua y se mejora la Trabajabilidad. Las burbujas de aire actúan como cojinetes de bolas flexibles entre las partículas de los áridos. En el hormigón fraguado y endurecido éstas permanecen separadas y rodeadas de una capa de aditivo, actuando como una barrera contra la humedad y como cámara de expansión que absorbe dilataciones y contracciones debidas a los ciclos hielo-deshielo. Las burbujas de aire compensan la falta de finos en la arena.

Incremento de la durabilidad

La función principal del hormigón con aire ocluido, es la resistencia a los ciclos de hielo-deshielo y por esa razón es de suma importancia en la construcción de autopistas y otras obras viales desde hace más de 20 años. Igualmente importante es su resistencia a la acción de los sulfatos y su facilidad de puesta en obra y esto hace que su utilización sea ventajosa aun en zonas donde no existe peligro de heladas.

Compatibilidad con otros aditivos

DAREX®AEA es compatible en hormigón que contenga reductores de agua y retardantes tales como WRDA®79 CON HYCOL y DARATARD®17. Por combinación de efectos de incorporación de aire y reducción de agua, se puede reducir hasta un 20% el agua de la mezcla con un incremento en la resistencia y durabilidad de la misma. DAREX®AEA no contiene cloruro de calcio, pero es compatible también con hormigones que lo contienen. Cada aditivo deberá ser colocado en la mezcla separadamente.

Dosificación

No hay una dosificación estándard para el DAREX®AEA, la cantidad a ser usada dependerá de la cantidad de aire requerido para cada condición de trabajo en particular, generalmente para un rango comprendido entre el 4% y 8% de aire. Dosificaciones típicas de DAREX®AEA varían entre 0.02% y 0.05% con relación al peso del cemento. La influencia de DAREX®AEA aumenta con el uso de agentes aditivos plastificantes y retardadores de fraguado. Esto permite una reducción de hasta 2/3 en la cantidad de DAREX®AEA requerida para el contenido de aire especificado. Factores típicos que podrían influenciar la cantidad de aire incorporado son: temperatura, cemento, graduación de la arena y uso de materiales tales como cenizas volantes.

Ajuste de dosificación

La incorporación de aire produce un aumento del volumen total del hormigón disminuyendo en consecuencia la cantidad de cemento por m3 de hormigón. Esta condición requiere un ajuste, generalmente una reducción del agregado fino.

Generalidades del 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.

Dosificación

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.

Acción Química

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.

Marco Normativo Legal

La presente norma COVENIN 255:1998 sustituye totalmente a la Norma Venezolana COVENIN 255-77, fue elaborada de acuerdo a los lineamientos del comité Técnico de Normalización CT3 Construcción por el Subcomité Técnico SC2 Materiales y Productos, y aprobada por FONDONORMA en la reunión del Consejo Superior No. 98-07 de fecha 12/08/1998.

Esta Norma COVENIN 263-78 abarca el mismo ámbito de la NORVEN 263 Titulado: ‘‘METODO DE ENSAYO PARA DETERMINA EL PESO UNITARIO DEL AGREGADO”, a la cual sustituye totalmente, ésta a su vez se basó en la Norma AG 10-68 del Comité Conjunto de Concreto Armado.

La siguiente norma COVENIN 268-1998 sustituye totalmente a la Norma Venezolana COVENIN 268-78, fue elaborada de acuerdo a los lineamientos del Comité Técnico de Normalización CT3 Construcción por el Subcomité Técnico SC2 Materiales y productos, y aprobada por FONDONORMA en la reunión del Consejo Superior No. 98-07 de fecha 12/08/1998.

La vigente norma COVENIN 269-1998 sustituye totalmente a la Norma Venezolana COVENIN 269-78, fue elaborada de acuerdo a los lineamientos del Comité Técnico de Normalización CT3 Construcción por el Subcomité Técnico SC2 Materiales y productos, y aprobada por FONDONORMA en la reunión del Consejo Superior No. 98-07 de fecha 12/08/1998.

La norma COVENIN 338:2002 sustituye totalmente a la Norma Venezolana COVENIN 338:1994 Concreto. Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto, fue revisada de acuerdo a las directrices del Comité Técnico de Normalización CT27 Concreto y aprobada por FONDONORMA en la reunión del Consejo Superior Nº 2002-10 de fecha 30/10/2002.

La Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN), creada en 1958, es el organismo encargado de programar y coordinar las actividades de Normalización y Calidad en el país. Para llevar a cabo el trabajo de elaboración de normas, la COVENIN constituye Comités y Comisiones Técnicas de Normalización, donde participan organizaciones

gubernamentales y no-gubernamentales relacionadas con un área específica.

La presente norma COVENIN 356:1994 sustituye a la Norma Venezolana COVENIN 356-93 fue elaborada por el Comité Técnico de Normalización CT3 CONSTRUCCIÓN, y aprobada por la COVENIN en su reunión Nº 129 de fecha 94-10-19.

La Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN), creada en 1958, es el organismo encargado de programar y coordinar las actividades de Normalización y Calidad en el país. Para llevar a cabo el trabajo de elaboración de normas, la COVENIN constituye Comités y Comisiones Técnicas de Normalización, donde participan organizaciones gubernamentales y no-gubernamentales relacionadas con un área específica.

La COVENIN 357:1994 sustituye a la Norma Venezolana COVENIN 357-83 fue elaborada por el Comité Técnico de Normalización CT3 CONSTRUCCIÓN, y aprobada por la COVENIN en su reunión Nº 127 de fecha 94-06-08.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

Diseño de Investigación

El diseño de un estudio es el plan de cada investigador para recolectar y organizar los datos con ciertas reglas específicas y procedimientos.

Luego de haber establecido los lineamientos para el estudio, es necesario definir el plan de estrategias para responder las preguntas de investigación persiguiendo el alcance de los objetivos establecidos. Por esto el diseño para llevar a cabo el estudio es experimental. Planteado al caso de estudio se observará como variando la dosis de aditivo DAREX AEA® en la mezcla de concreto con WRDA®79 afecta a la trabajabilidad, el aire ocluido, la densidad y la resistencia a la compresión de las muestras. El control de la variable independiente permite al investigador un mayor grado de confianza en los resultados obtenidos, debido a que los cambios se estudian en distintos períodos de tiempo.

Nivel de Investigación

El grado de investigación es de campo del tipo descriptivo, donde se proporcionan hipótesis descriptivas e información relacionada al qué, cómo, cuándo y por qué, del objeto de estudio.

Tipo de Investigación

Se plantea la clase de estudio que se va a realizar según el diseño planteado. Anteriormente se identificó al trabajo de investigación como experimental del tipo verdadero. Donde se incluyen todos los pasos de selección y asignación de sujetos de manera aleatoria, más un grupo de control, esto proporciona un mejor argumento para postular la relación causa y efecto. Se establecerán comparaciones entre dos tipos de diseño, uno patrón sin modificaciones y unos con aditivo DAREX AEA®, ambos grupos sufrirán las mismas evaluaciones, para evaluar los efectos por variación de aditivo.

Sistema de Hipótesis y Variables

Hipótesis de Trabajo: La incorporación del aditivo DAREX AEA® en una mezcla de concreto con WRDA®79 afecta la Resistencia a la Compresión y la Densidad, estas deben disminuir a medida que se aumente la cantidad de aditivo a la mezcla. La Trabajabilidad y el Aire Ocluido deben aumentar a medida que se agregue una mayor dosis de aditivo a la mezcla.

Hipótesis Nula: La incorporación del aditivo DAREX AEA® en una mezcla de concreto con WRDA®79 afecta la Resistencia a la Compresión y la Densidad, estas deben aumentar a medida que se agregue mayor cantidad de aditivo a la mezcla. La Trabajabilidad y el Aire Ocluido deben disminuir a medida que se agregue una mayor dosis de aditivo a la mezcla.

Objetivo General: Evaluar el efecto producido por el aditivo DAREX AEA® en una mezcla de concreto con WRDA®79.

Tabla 1 *Variables Operacionales*

Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Item
Independiente Aditivo	Cantidad de Aditivo	Mililitros	Comportamiento a la Resistencia a la Compresión en Kg/cm³ a los 28, 60 y 90 días de curado	Se agregarán las siguentes dosis de Aditivo: 50ml, 100ml, 200ml, 300ml y 400ml, por cada 100 kg de Cemento
Dependiente Trabajabilidad	Asentamiento del Concreto	Pulgadas de Asentamiento	Comportamiento a la Resistencia a la Compresión en Kg/cm³ a los 28, 60 y 90 días de curado	Evaluación del concreto respecto a la incorporación del aditivo
Dependiente Aire Ocluido en el Concreto	Cantidad de Aire Ocluido en la mezcla de concreto	Porcentajes de Aire	Debe aumentar la cantidad de Aire Ocluido	Evaluación del concreto a la incorporación del aditivo respecto al porcentaje de Aire Ocluido

Dependiente Densidad	Peso específico del concreto en 1 m³	Kg/m³	Comportamiento de la disminución del peso del Cilindro	Evaluación del concreto a la incorporación del aditivo respecto al peso del Cilindro
Dependiente Resistencia a la Compresión en kg/cm² a los 28, 60 y 90 días	Resistencia a la Compresión	kg/cm²	Comportamiento de la disminuciín de la Resistencia a la Compresión en kg/cm² a los 28, 60 y 90 días	Evaluación del Concreto a la incorporación del Aditivo con relación a la disminución de la Resistencia a la Compresión

Fuente. Realizado por Gonzalez y Sudnicki (2012)

Población y Muestra

Entre las pruebas a realizar son el ensayo a compresión de los cilindros de mezcla de concreto a los siete (7), catorce (14), veintiocho (28), sesenta (60) y noventa (90) de 210 Kg/cm^2, constituidos por un (1) diseño de mezcla patrón con el aditivo WRDA®79 y cinco (5) diseños de mezcla con el aditivo en estudio DAREX AEA® incluyendo el WRDA®79 para poderlo comparar con la mezcla patrón. Se harán tres (3) mezclas por cada diseño para llenar cinco (5) cilindros, para un total de noventa (90) cilindros. Con el objetivo de evaluar el efecto del aditivo DAREX AEA® con una mezcla patrón sin este aditivo, variando las porciones del aditivo, estableciendo unos diseños con los valores normalizados por el fabricante y otros por encima de estos. Siendo estas variaciones en los volúmenes las siguientes: 50ml, 100ml, 200ml, 300ml y 400ml por cada 100 kg de cemento. Con una aplicación constante en todos los diseños incluyendo el patrón, del aditivo WRDA®79 de 1.5 L/m^3.

Técnicas e Instrumentos

Se observarán los resultados que se obtengan al realizar el ensayo de asentamiento de la mezcla fresca y el ensayo de resistencia a la compresión por la cantidad de fuerza aplicada sobre el cilindro. El conjunto de resultados obtenidos serán probabilísticos, para el manejo de esta información se usarán tablas y gráficos, para establecer las respectivas comparaciones.

Descripción de la Metodología

Inicialmente se escogerán los materiales que formarán los diseños de mezcla de concreto a realizar, entre ellos los agregados finos y los agregados gruesos cada uno con sus respectivos ensayos, el tipo de

cemento y los aditivos que se utilizaran, como el incorporador de aire y el reductor de agua. Estos últimos clasificados según la Norma COVENIN 356-1994 donde se especifican los tipos de aditivos.

Después de la selección de cada uno de los materiales y tipos de aditivos para los distintos diseños de mezcla, con resistencia a la compresión a los 28 días de 210 Kg/cm^2, desglosándose una mezcla patrón con aditivo WRDA®79 y cinco (5) mezclas con diferentes porciones del aditivo DAREX AEA® (50ml, 100ml, 200ml, 300ml y 400ml) por cada 100 kg de cemento, con una aplicación constante del aditivo WRDA®79 de 1.5 L/m^3. Estos diseños serán evaluados tanto como mezcla fresca como en mezcla seca (cilindros) y entre estas evaluaciones están la trabajabilidad, aire ocluido, densidad y resistencia a la compresión a los 7, 14, 28, 60 y 90 días. Los datos obtenidos se tabularan y graficarán para establecer comparaciones y respectivas conclusiones.

Ensayos a los Agregados Finos y Gruesos:

Método de ensayo para determinar La composición granulométrica de los agregados finos y gruesos (COVENIN 255-77)

Este ensayo describe un procedimiento para la determinación por cernido, de la distribución de los tamaños de las partículas de los agregados finos y gruesos.

Equipo requerido:

Balanza.

Para agregados finos se requiere una balanza donde se pueda leer hasta 0,1 g y con una precisión de 0,1% de la carga de ensayo, cualquier sea su valor, en cualquier punto dentro del intervalo de uso.

Para agregados gruesos o para mezclas de agregados finos y gruesos, se requiere una buena lectura y aproximación del 0,1% de la carga de ensayo, cualquiera sea su valor, en cualquier punto dentro del intervalo de uso.

Cedazos.

Que estará montado en marcos firmes y construidos de una manera tal que impidan la pérdida de material durante el cernido. Se seleccionarán tamaños adecuados de cedazos que suministren la información requerida por las especificaciones para los materiales por ensayar. Los cedazos deben cumplir con las especificaciones expresadas por la norma **COVENIN 254:1998**. Cedazos de ensayo.

Nota: Los cedazos con aberturas superiores al tamiz 120 (125 mm), tienen una variación permisible en la abertura media de +/- 2% y tienen un diámetro nominal del hilo de alambre de 8 mm o mayor.

Horno.

Un horno de tamaño adecuado capaz de mantener una temperatura de 110 +/- 5 grados centígrados.

Cernidora mecánica.

Que de utilizarse, debe impartir un movimiento vertical, o un movimiento lateral y vertical al cedazo, haciendo que las partículas presenten diferentes orientaciones con respecto a la superficie del cedazo. La acción de cernido debe ser aquella que cumpla con el criterio de calidad descrito posteriormente.

Nota: El uso de una cernidora mecánica se recomienda cuando el tamaño de la muestra es de 20 kg. o mayor, y se puede usar para pequeñas muestras, incluidas las de agregados finos. Un tiempo excesivo (superior a los 10 minutos), de la operación de cernido, puede producir la degradación de la muestra. Una misma cernidora mecánica puede no ser la apropiada para todos los tamaños de muestra, dado que la mayor área de cernido necesario para un cernido práctico de agregados gruesos con tamaños nominales puede producir a pérdida de una porción de la muestra.

Procedimiento:

Antes de iniciar el ensayo se deben tomar en cuenta lo establecido en el manual de Higiene y Seguridad Industrial.

Si es necesario, obtener la muestra representativa de agregado por medio del procedimiento normalizado CYTC-CIV-ME-PROC-001. Método de muestreo de agregados y arenas, del manual de procedimientos normalizados.

Obtener la cantidad de muestra requerido por el ensayo aplicando el procedimiento normalizado CYTC-CIV-ME-PROC-002. Método de cuarteo de muestras, del manual de procedimientos normalizados.

Los agregados deben satisfacer las especificaciones expresadas en el capítulo 5 de la norma COVENIN 255:1998. Método de ensayo para determinar la composición granulométrica de agregados finos y gruesos.

Secar la muestra en el horno Despatch CYTC-CIV-ME-ENS-007, del manual de equipos; hasta que alcance una masa constante a una temperatura de 110 +/- 5 grados centígrados.

Seleccionar los tamaños adecuados de los cedazos para proporcionar la información requerida por las especificaciones que cubren el material ensayado.

Tamizar la muestra. Si se aplica el método de cernido manual cumplir con el procedimiento normalizado CYTC-CIV-ME-PROC-003.Cernido manual, del manual de procedimientos normalizados. Si se va a tamizar mecánicamente los agregados finos se deben cumplir con las especificaciones y métodos de operación de la máquina de cernido RO-TAP expresados en el manual de equipo bajo el código CYTC-CIV- ME-EQP-003. Si se van a tamizar agregados gruesos mecánicamente se debe utilizar la máquina Gilson CYTC-CIV-ME-EQP-002, del manual de equipos.

Para ambos casos, realizar el tamizado durante un tiempo determinado por tanteo o por medición de la muestra de ensayo para cumplir con el criterio de continuar el cernido hasta que durante un minuto no pase más del 1% en peso del residuo por ningún cedazo.

Determinar la masa de cada porción de la muestra retenido en los cedazos en una balanza. Para pesar seguir los pasos operativos descritos en las especificaciones de la balanza de precisión electrónica Mettler CYTC-CIV-ME-EQP-004, del manual de equipos. La masa total del material después del cernido debe controlarse rigurosamente a partir de la masa

original de la muestra colocada en los cedazos. Si las cantidades difieren en más de 0,3%, basándose en la masa total de la muestra seca, los resultados no se pueden usar para propósitos de decisión. Ver tablas 9 y 10 (Anexos).

Método de ensayo para la determinación cualitativa de impurezas orgánicas en las arenas para concreto (Ensayo Colorimétrico) (COVENIN 256-77)

Este método describe el procedimiento para señalar la presencia de compuestos orgánicos nocivos en arenas naturales que han de usarse en concretos. El valor principal que tiene el ensayo es de indicar la necesidad de hacer ensayos adicionales de las arenas, antes de aprobar su uso.

Equipos requeridos:

Frascos de vidrio: Se necesitan dos frascos de vidrio claros, ovalados, graduados, con tapon4es de goma y de aproximadamente de 350 c/c.

Reactivos y solución de referencia de color patrón: Solución de hidróxido de sodio al 3%: disuelva tres partes (por peso) de hidróxido de sodio (NaOH) en 97 partes de agua: Solución de referencia de color patrón: disuelva bicarbonato de potasio (K2 Cr2 O7) en ácido sulfúrico concentrado (peso específico 1,84) a razón de 0,250 grs. por 100 c/c de ácido. La solución debe ser recién preparada para la comparación del color.

Muestra:

Se obtendrá por medio de un muestrador, una muestra de ensayo representativa de arena, que pese alrededor de 0.5 Kg.

Procedimiento:

Llene un frasco de vidrio claro con la muestra de arena por ensayar hasta un tercio de su altura. Añada una solución al 3% de hidróxido de sodio en agua, hasta que el volumen de la arena y él líquido indicado después de agitar sea igual a las dos terceras partes de la altura. Tape el frasco agítelo vigorosamente y luego déjelo reposar durante 24 horas.

Determinación del valor del color:

Al final del período de reposo, llene un frasco de vidrio claro de 350cc, hasta una cuarta parte de la altura con la solución de referencia fresca, del color patrón, preparada con una anterioridad no mayor de dos horas. Luego compare el color del líquido que sobrenada la muestra de ensayo con el de la solución de referencia de color patrón y anote si su color es más claro, más oscuro o igual al color patrón de referencia.

Resultados:

El número en la escala de Gardner resulto ser menor que la unidad, esto indica que la arena no presenta impureza orgánica. Ver Tabla 11, Resultados de Ensayos a los Agregados (Anexos).

Método de ensayo para determinación cuantitativa del contenido de cloruros y sulfatos solubles en las arenas. (COVENIN 256-77)

Este método se utiliza para determinar el contenido de cloruros y sulfatos solubles en las arenas destinadas a la preparación de concretos.

Resumen del método:

Una muestra de arena previamente preparada se somete a la acción de distintos reactivos. La cantidad de precipitado de Ag Cl que se produce en el caso de la determinación de cloruros, y la de Ba Cl en el caso de los sulfatos solubles contenidos en la muestra ensayada.

Resultado:

En la mezcla ensayada no se detecto presencia de agentes agresivos, ya no existió la presencia de precipitado, lo cual indica que la arena no contiene cloruro ni sulfato. Ver tabla 11, Resultados de Ensayos a los agregados (Anexos).

Método de ensayo para determinar por lavado el contenido de materiales más finos que el cedazo # 200 en agregados minerales (COVENIN 259:77)

Este método describe el procedimiento para determinar por lavado, la cantidad de material más fino que el cedazo # 200 en un agregado.

Resultado:

Se obtuvo 2,6% como porcentaje de material pasante del tamiz # 200, lo que indica que está por debajo de los límites establecidos por la norma que son:

3% para concretos expuestos a la abrasión.

5% para todos los demás.

La presencia de partículas finas impide la adherencia del cemento con los agregados lo que ocasiona una disminución en la resistencia del concreto.

Método de ensayo para determinar por suspensión las partículas menores de 20 micras en agregados finos. (COVENIN 259-78)

Este método describe el procedimiento para la determinación aproximada del % de partículas menores de 20 micras en agregados finos que queden en suspensión después de una hora de sedimentación en aguas.

Resultados:

Se obtuvo 1,4 %. Ver tabla 11 de resultados de ensayos a los agregados (Anexos). Las partículas en suspensión formaran una capa bien definida que sedimentara sobre los granos más gruesos, disminuyendo la adherencia de la pasta de cemento con lo cual su resistencia y trabajabilidad pueden ser menores.

Método de ensayo para la determinar el peso unitario del agregado. (COVENIN 263-78)

Este método de ensayo describe los procedimientos para el peso unitario de los agregados finos, gruesos o combinados.

Resultados:

Peso unitario suelto agregado fino: 1761,40 Kg/m³
Peso unitario compactado agregado fino: 1870,50 Kg/m³
Peso unitario suelto agregado grueso: 1451,20 Kg/m³
Peso unitario compactado agregado grueso: 1684,1 Kg/m³

Método de ensayo para la determinar el peso específico del agregado y la absorción del agregado fino. (COVENIN) (CCCA: Ag-15)

Este método de ensayo describe la determinación del peso específico y peso específico aparente a 23ºC y la absorción del agregado fino.

Peso Específico De Finos:

Equipos

Balanza:

Será necesario que tenga una capacidad de medición 1kg o más, con una sensibilidad de 0,1g o menos y con una exactitud de 0,1% de la carga de ensayo en cualquier punto dentro del rango de carga de 100g deberá de hacer una exactitud de 0,1g para una diferencia entre lecturas.

Picnómetros:

Un matraz u otro recipiente adecuado en el cual se pueda introducir fácilmente la muestra de ensayo de agregado fino y en el cual se puede reproducir el volumen contenido con aproximación de +0,1 cm 3. El volumen del recipiente lleno hasta la marca deberá ser por lo menos 50% mayor que

el espacio que ocupa la muestra de ensayo. Es satisfactorio el uso de un frasco volumétrico de 500cm3 de capacidad o un jarro provisto de un picnómetro, cuando se tome una muestra de ensayo de 500g en el caso de la mayoría de los agregados finos.

Molde:

Metálico de forma tronco-cónica de 38mm de diámetro en la parte superior, 89mm de diámetro en la parte inferior y 74mm de altura, siendo metal de un espesor mínimo, calibre 20 (aproximadamente 0,9mm).

Compactador:

Metálico de 340+15g de peso y con una cara compactadora plana y circular de 25+3mm de diámetro.

Procedimiento

De inmediato introduzca en el picnómetro una muestra de aproximadamente 500g (también podrá usarse una cantidad distinta a los 500g, no menor a los 50g, pero se tendrá que reducir proporcionalmente los límites de exactitud en las pesadas y las mediciones) del agregado saturado con superficie seca, preparado según la preparación de la muestra y llénelo con agua aproximadamente el 90% de su capacidad. Ruede el picnómetro sobre una superficie plana, agítelo o inviértalo para eliminar todas las burbujas de aire. Ajuste su temperatura hasta 23+1,5º C, si es necesario, sumérjalo en agua en circulación y lleve el nivel del agua en el picnómetro hasta su capacidad de calibración. Determine el peso total del picnómetro con la muestra y el agua. Determine éste y todos los demás con aproximación de 0,1g.

Saque el agregado fino del picnómetro, séquelo hasta peso constante a una temperatura comprendida entre 100 y 110º C, déjelo enfriar hasta temperatura ambiente durante 30 a 90 minutos y péselo.

Determine el peso del picnómetro lleno con agua hasta su capacidad de calibración a una temperatura de 23+2,5º C.

Mediante el estudio de esta práctica se evaluara el peso del volumen absoluto de la materia sólida del agregado. Siendo este el factor que se usa para la determinación del volumen que ocupa el agregado y el concreto.

Formulas a Utilizar:

P. E = W1

Wa+ W - Wp

Donde:

P. E = Peso Específico

W1 = Peso de la muestra Saturada con superficie Seca

Wa = Peso del picnómetro lleno con agua

Wp = Peso del picnómetro con la muestra y el agua hasta la marca de calibración

P. E = W.

Wa+ W – Wp

Donde:

P. E = Peso Específico (Saturado con superficie seca)

W1 = Peso de la muestra Saturada con superficie Seca

Wa = Peso del picnómetro lleno con agua

Wp = Peso del picnómetro con la muestra y el agua hasta la marca de calibración.

Resultados:

Peso Específico: 2559 Kg/m³

Peso Específico aparente: 2598 Kg/m³

Peso Específico saturado con superficie seca: 2586 Kg/m³

Absorción: 1,5%

Método de ensayo para la determinar el peso específico del agregado y la absorción del agregado grueso. (COVENIN) (CCCA: Ag-16)

Este método de ensayo describe la determinación del peso específico y peso específico aparente a 23ºC y la absorción del agregado fino.

Peso Específico de Gruesos:

Equipos

Balanza:

Recipiente para la Muestra:

Una cesta de alambres Nº 6 o más finos, o un balde con un ancho o una altura aproximadamente iguales y con capacidad de 4000 a 7000cm3.

Dispositivos adecuados para suspender el recipiente para la muestra en agua, desde el centro del platillo de la balanza.

Procedimiento

Después de un lavado completo para eliminar el polvo y otras impurezas superficiales de las partículas, saque la muestra hasta peso constante a una temperatura comprendida entre 100 y 110º C; déjese enfriar a temperatura ambiente durante 1 a 3 horas y luego sumérjala en agua a temperatura ambiente durante un período de 24+4 horas.

Seque la muestra de agua y hágala roda sobre un paño grande absorbente hasta hacer desaparecer toda película de agua visible. Seque separadamente las partículas más grandes. Tenga cuidado en evitar la evaporación del agua en los poros del agregado, durante la operación del secado de la superficie. Obtenga el peso de la muestra bajo la condición de saturación con superficie seca. Determine éste y todos los demás pesos con aproximación de 0,5g.

Después de pesar coloque de inmediato la muestra saturada con superficie seca en el recipiente y determine su peso en agua a una

temperatura de 23+1,5º C. Antes de pesar, tome precauciones para eliminar todo el aire atrapado, agitando el recipiente mientras está sumergido.

Seque la muestra hasta peso constante a una temperatura comprendida entre 100 y 110º C, deje el aire a temperatura ambiente durante 1 a 3 horas y pésela.

Este método permitirá calcular con ayuda del principio de Arquímedes y con la 2da ley de newton la cantidad en volumen que ocupará el agregado grueso en el mezclado del concreto.

Formulas a Utilizar:

P. E **=** W1

W2 - W3

Donde:

P. E = Peso Específico.

W1 = Peso en el aire de la muestra secada al horno, en gramos.

W2 = Peso en el aire de la muestra Saturada con superficie Seca

W3 = Peso en el aire de la muestra Saturada, en gramos.

Resultados:

Peso Específico: 2449 Kg/m³

Peso Específico aparente: 2478 Kg/m³

Peso Específico saturado con superficie seca: 2570 Kg/m³

Absorción: 0,6%

Método de ensayo para la determinación del cociente entre dimensiones máximas y la dimensione mínima en agregados gruesos para concreto. (COVENIN 264-77)

Este método está destinado a encontrar un valor medio entre la dimensión máxima y la dimensión mínima, en un número lo suficientemente representativo de partículas, de un agregado grueso para el concreto.

La forma superficial del agregado influye directa e indirectamente en el comportamiento del concreto, ya que se relaciona con la trabajabilidad, resistencia y otras propiedades. Este ensayo limita al número de partículas alargadas y planas en el agregado grueso.

Resultados:

Porcentaje de partículas cuya relación Lmax/Lmin= 2%

Método de ensayo para determinar la resistencia al desgaste de agregados gruesos < 1 1/2" por medio de la máquina de los ángeles. (COVENIN 264-77)

Este ensayo describe el procedimiento para ensayar agregados gruesos de tamaño menores de 1 1/2" (38,1mm) por resistencia al desgaste por abrasión usando la máquina de los ángeles.

Equipos.

Máquina de los ángeles:

La constara de un cilindro hueco de acero de acero, cerrado en ambos extremos, con un diámetro interior 710+5mm y un largo interior de 508+5. El cilindro estará montado sobre puntas de ejes adosadas a los extremos del cilindro, pero sin penétralo y en forma tal que pueda rotar en el eje en posición horizontal con una tolerancia de 1 en 100 en su inclinación. El cilindro tendrá para introducir la muestra de ensayo. Deberá tener una tapa adecuada, a prueba de polvo, para cubrir la abertura y con medios para atornillar en su sitio. La tapa será diseñada de manera que mantenga el contorno cilíndrico de la superficie interior a menos que la paleta que este situada en forma tal que la carga no caiga sobre la tapa o la toque durante el ensayo. Se colocara una paleta desmontable de acero a lo largo de una generatriz de la superficie interior del cilindro, que se proyecte Radialmente 90+2mm hacia su interior y a todo lo largo y con un espesor tal que al sujetarlo con pernos u otros medios adecuados, se mantenga firme y rígida. La posición de la paleta será tal, que su distancia a la abertura, medida a lo largo de la circunferencia exterior del cilindro en la dirección de la rotación no sea menor de 12cm.

Cedazos:

Se utilizaran aquellos que cumplan con las especificaciones para cedazos de ensayo (CCCA: Eq2 y COVENIN 254).

Balanza:

La balanza deberá permitir lecturas con apreciación de un gramo.

Carga abrasiva:

Consistirá en esferas de acero, de aproximadamente 4,7cm de diámetro y cada una con un peso entre 390gr. y 445gr.

Procedimiento

Escoja el tipo de gradación que más se adapte a la del agregado por ensayar, y conforme la muestra de acuerdo con los pesos indicados en las gradaciones de la muestra de ensayo.

Coloque el número de esferas correspondientes dentro de la máquina de los ángeles y luego introduzca la muestra de ensayo.

Coloque la tapa de la máquina de los ángeles en su lugar y atorníllela firmemente.

Encienda la maquina y déjela rotara un velocidad de 30 a 33 r.p.m durante 500 revoluciones.

Después de las revoluciones, descargue el material sobre una bandeja y haga un cernido preliminar a través de un tamiz mayor que #12. Utilizando el método manual de cernido descrito en el método CCCA Ag.2, haga el cernido por el tamiz #12. Pese todo el material que ha quedado retenido en éste con apreciación de un gramo.

Este ensayo da una idea de la resistencia que ofrece el material grueso al desgaste o abrasión, la dureza del agregado grueso resulta decisiva para el caso de concretos sometidos a elevadas tasas de roces, tales como pavimentos, revestimiento, etc.

Resultados:

El porcentaje al desgaste obtenido fue 24,61 %. No podrá usarse agregados gruesos que tengan una perdida al desgaste mayor de 50%, por lo tanto el resultado obtenido se encuentran en los límites establecidos por la norma venezolana.

Método de ensayo para determinar la humedad superficial en el agregado fino. (COVENIN 348:2004) (C.C.C.A Ag 19)

Este ensayo busca determinar el porcentaje de humedad que contiene el agregado fino para realizar la corrección higroscópica.

Resultados:

% Humedad del agregado fino: 3%

Diseño de Mezcla Preliminares.

En esta fase se realizaran ensayos de mezcla preliminares, con el aditivo ya seleccionado, se medirán las cantidades de aire atrapado por el Método de Presión, al igual que los asentamientos empleando el Método del Cono de Abrams, la metodología para determinación de asentamiento, aire atrapado, así como la del diseño de mezcla se explicara en la siguiente fase.

Diseño de Mezcla Definitivos.

Antes de exponer los cálculos realizados se considera necesario aclarar los siguientes parámetros utilizados:

E= Error máximo o diferencia entre el promedio estimado de la muestra y el promedio real, resultante de ensayar (por los mismos métodos) todos los elementos del universo.

s= Estimado previo de la desviación estándar del lote o proceso y es fijado según las normas.

e= Máximo error o diferencia entre el promedio muestral y el real (en %).

V= Estimado previo del coeficiente de variación del proceso (en %).

n= tamaño de la muestra requerida.

α = Nivel de probabilidad (confiabilidad).

t= Parámetro de la t-student que depende del número de grados de libertad

(n-1) y un nivel de probabilidad dado (α).

Fracción Defectuosa: Es la fracción del número total de valores observados que caen fuera de un límite especifico.

Muchas de estas variables se fijaron con mutuo acuerdo entre las recomendaciones entre los asesores, otras partieron de las planteadas por las normas; siendo los siguientes:

E= 15 (Norma)

S= 30 (Norma)

α = 90% (Recomendado)

V= 5% (Recomendado)

e= 5% (Recomendado)

En principio tanto para el caso de las mezclas como de los cilindros se asumió el (n-1)= ∞, pensando en un número elevado de muestras y procesos de control continuo.

De esta manera y con = 90% y (n-1)= ∞, se encontró que:

T=1,645, (Ver Tabla 2)

Tabla 2.

Valores de la T de Student para varios Niveles de Probabilidad y Fracciones Defectuosas

Valores percentiles tp para la distribucion t de student con v grados de libertad										
v	$t_{.55}$	$t_{.60}$	$t_{.70}$	$t_{.75}$	$t_{.80}$	$t_{.90}$	$t_{.95}$	$t_{.975}$	$t_{.99}$	$t_{.995}$
1	0.158	0.325	0.727	1	1.376	3.08	6.31	12.71	31.82	63.66
2	0.142	0.289	0.617	0.816	1.061	1.89	2.92	4.3	6.96	9.92
3	0.137	0.277	0.584	0.765	0.978	1.64	2.35	3.18	4.54	5.84
4	0.134	0.271	0.569	0.741	0.941	1.53	2.13	2.78	3.75	4.6
5	0.132	0.267	0.559	0.727	0.92	1.48	2.02	2.57	3.36	4.03
6	0.131	0.265	0.553	0.718	0.906	1.44	1.94	2.45	3.14	3.71
7	0.13	0.263	0.549	0.711	0.896	1.42	1.9	2.36	3	3.5
8	0.13	0.262	0.546	0.706	0.889	1.4	1.86	2.31	2.9	3.36
9	0.129	0.261	0.543	0.703	0.883	1.38	1.83	2.26	2.82	3.25
10	0.129	0.26	0.542	0.7	0.879	1.37	1.81	2.23	2.76	3.17
20	0.127	0.257	0.533	0.687	0.86	1.32	1.72	2.09	2.53	2.84
30	0.127	0.256	0.53	0.683	0.854	1.31	1.7	2.04	2.46	2.75
40	0.126	0.255	0.529	0.681	0.851	1.3	1.68	2.02	2.42	2.7
60	0.126	0.254	0.527	0.679	0.848	1.3	1.67	2	2.39	2.66
120	0.126	0.254	0.526	0.677	0.845	1.29	1.66	1.98	2.36	2.62
∞	0.126	0.253	0.524	0.674	0.842	1.28	1.645	1.96	2.33	2.58

Fuente. Tomado del libro Probabilidad y Estadística de Shaum.

Esto de para el número de mezclas un total de:

$$n = \left(\frac{txS}{E}\right)^2 = \left(\frac{1{,}645x40}{15}\right)^2 = 19.24$$

Lo que quiere decir un aproximado de 20 mezclas diferentes.

Este número es elevado y deja poco margen de ejecución debido a que la Ley de Abrams pierde validez fuera del rango entre 0,05 y 0,2.

Además si se realizaran las 20 mezclas debe variarse el contenido de aditivo en dosis más pequeñas, implicaría superposición en los resultados para mezclas tan cercanas.

Para solucionar esta diferencia se calculó el nivel de probabilidad del trabajo, es decir, disminuyendo el número de mezclas.

Si se realizaran cinco (5) mezclas variando el contenido de aditivo incorporador de aire en las siguientes dosis 50ml, 100ml, 200ml, 300ml, 400ml por cada 100 Kg de cemento, darían un total de 5 mezclas y esto dejaría un buen margen entre una y otra para la dosificación.

Por lo tanto el nivel de confiabilidad esperado con este número de mezclas será:

$$t = \frac{\sqrt{n}.E}{S} = \frac{\sqrt{5}.15}{30} = 1{,}118$$

Lo que por interpolación gráfica para (n-1)=4 se obtuvo un nivel del 83% de confiabilidad, valor que se consideró aceptable basado en las limitaciones propias del proyecto, y lo suficientemente alto como para servir de punto de partida.

De igual forma se ubicó el número de cilindros por mezclas lo que dio como resultado:

$$n = \left(\frac{t.V}{e}\right)^2 = \left(\frac{1{,}118x5}{5}\right)^2 = 1.25 = 2\ muestras$$

El resultado para 83% de confiabilidad requiere de un aproximado de 2 muestras, pero se trabajará en un rango mayor con 3 muestras por cada diseño y 5 cilindros por cada muestra, para evaluar la resistencia a la compresión a los 28, 60 y 90 días. Para un total de 15 cilindros por diseño.

Diseño de Mezcla de Concreto (Sin Aditivo DAREX AEA®)

Para la ejecución del trabajo propuesto se partió de los fundamentos teóricos del Manual del Concreto Fresco Método Propuesto por Porrero y Grases, ha sido probado ampliamente obteniendo excelentes resultados, ha sido concebido especialmente para el caso de empleo de agregados poco controlados; considera en primer lugar un grupo de variables que constituyen su eje fundamental (dosis de cemento, trabajabilidad, α y resistencia), las cuales se vinculan a través de dos leyes básicas: La Relación triangular y la Ley de Abrams; también se incluyen factores de corrección para la influencia de las variables que tienen que ver con el tamaño máximo y el tipo de agregado.

Una de las ventajas de este método es que no impone limitaciones a la granulometría ni a la combinación de agregados; la combinación de agregados puede ser variada a voluntad, a fin de alcanzar el objetivo propuesto, que en la mayoría de los casos es Máxima Compacidad y Economía. Es importante destacar que este método es especialmente válido para concretos con asentamientos en el Cono de Abrams entre 2.5 cm (1”) y 15 cm (6”) y con resistencias a la compresión entre 180 y 430 kg/cm^2 a los 28 días; para mezclas con asentamiento nulo o para concretos ultra resistentes, o llamados concretos pobres, habrá que acudir a procedimientos particulares.

En forma general esta ley se expresa como:

$R=M/N^{\alpha}$

Dónde:

R= Resistencia de diseño

M y N= Son constantes que depende de las características de los materiales componentes de la mezcla, de la edad de ensaño y de la forma a ejecutar este.

Despejando α de la expresión se tiene:
α= LnM/LnM-LnR/LnN

Según las Normas CONVENIN 338, los valores de M y N, a los 28 días en Kg/cm³ son 902,5 y 8,69 respectivamente, para mezcla de concreto dosificadas con agregados grueso de 25,4 mm. De tamaño máximo, arena natural y cemento Portland tipo I

La relación triangular es una ley que relaciona dos parámetros claves del diseño como son la relación agua-cemento y de la dosis de cemento, con la prioridad de mayor representatividad del concreto en estado fresco, que es el asentamiento en el cono de Abrams.

Esta ley no se utiliza en otros métodos de diseño de mezcla conocidos, al menos directamente como tal.

El valor de α se corrige según las características de los agregados (por tamaño máximo con un factor Kr, y por el tipo del agregado con un factor Ka).

Valores de Kr.

Tamaño Máximo	½” a 1”	11/2”	21/2”	2”
Kr	1,00	0,91	0,74	0,82

Valores de Ka.

Gruesos/Finos	Piedra Picada	Canto Rodado	Canto Rodado
Arena Natural	1,00	0,97	0,91
Arena Triturada	1,14	1,10	0,93

αc = α*Ka*Kr

Donde:

αc: Relación agua-cemento.

Kr: Factor corrector por tamaño máximo

Ka: Factor corrector por tipo de agregado

La dosis de cemento se determina según la ecuación

$$C = 117{,}2 x ac^{-1{,}3} x T^{0{,}16}$$

Dónde:

C: Cantidad de cemento en kg por m² de cemento.

αc: Relación agua-cemento.

T: Asentamiento requerido en cm.

Este primer valor de la dosis de cemento, también se corrige de acuerdo al tamaño máximo por un factor C1 y de acuerdo del tipó de agregado por un factor C2

Cc = C*C1*C2 (Kg/cm²)

El volumen de vacío es:

V = 3,97*10²*Cc (Lt/m³)

El volumen de Agua:

a = Cc*a/c

Las cantidades de arena y piedras necesarias para las mezclas se denominaron en función de la relación beta (β), valor comprendido entre el rango establecido por las combinaciones granulométricas.

Por otra parte tenemos que:

$$\beta = \frac{A}{A + G}$$

A: Cantidad de Arena (kg).

G: Cantidad de Piedra (kg).

Resultados:

β= 52 %
Z= 1,282
σ= 30 Kg/cm² (fracción defectuosa del 10%)

Rc= Rd+Z*σ
Rc= 210* 1,282*30= 248 Kg/cm²

Rc= 248 Kg/cm²

Kr= 1,00

Ka= 1,00

α= 0,67

C1=1,00

C2=1,00

C= 294 Kg

α= a/c

a= α*c

a= 198 lts/m³

p= 1,23 % (contenido de aire atrapado)

Ecuación general.

$$\frac{a}{\delta a} + Cx0{,}29 + \frac{A}{\delta A} + \frac{P}{\delta P} + 10p = 1000$$

Sustituyendo los valores y despejando se obtiene el diseño patrón (S/A)

Análisis de Datos

Se presentan una serie de tablas y gráficos que muestra los datos que ser recolectaron de las investigaciones ordenados para una mejor observación de las variaciones de cada una de las mezclas de concreto respecto a las adiciones del aditivo DAREX AEA®.

Tabla 3.

Diseño de Mezcla Sin Aditivo Incorporador de Aire

Diseño #1 Mezcla Patrón (S/A)		
Rc=	210	Kg/cm
Z=	1.282	
σ=	30	Kg/cm
Rr=	248	Kg/cm
T=	5	Pulg
β=	52	%
α=	0.67	
C=	294	Kg/m³
a=	198	lts/m³
P%=	1.23	%
A=	1.08	P
P=	840	Kg/m³
A=	910	Kg/m³
ac=	172	Kg/m³
Pc=	853	Kg/m³
Ac=	925	Kg/m³

AD*= WRDA®79

Características del Agregado		
TM=	1	Pulg
Asss=	2.56	Kg/m³
Psss=	2.45	Kg/m³

	Arena	**Piedra**
H%	3	0.7
A%	1.5	0.6

Cantidades Necesarias para 8 Cilindros		
c=	9.99	Kg
a=	5.4	Lts
A=	38.37	Kg
P=	34.78	Kg
αc=	0.54	
AD*=	52.96	ml

Fuente. Realizado por Gonzalez y Sudnicki (2012)

Tabla 4.

Diseño de Mezcla con adición de Aditivo DAREX AEA® del 0,05% en peso del cemento.

Diseño #2 DAREX AEA® 0,05% peso Cemento		
Rc=	210	Kg/cm
Z=	1.282	
σ=	30	Kg/cm
Rr=	248	Kg/cm
T=	5	Pulg
β=	52	%
α=	0.67	
C=	294	Kg/m³
a=	198	lts/m³
P%=	1.23	%
A=	1.08	P
P=	840	Kg/m³
A=	910	Kg/m³
ac=	172	Kg/m³
Pc=	853	Kg/m³
Ac=	925	Kg/m³
AD=	0.15	Kg/m³

Características del Agregado		
TM=	1	Pulg
Asss=	2.56	Kg/m³
Psss=	2.45	Kg/m³

	Arena	**Piedra**
H%	3	0.7
A%	1.5	0.6

Cantidades Necesarias para 8 Cilindros		
c=	9.99	Kg
a=	5.4	Lts
A=	38.37	Kg
P=	34.78	Kg
αc=	0.54	
AD*=	52.96	ml
AD=	5	ml

AD*= WRDA®79 y AD=DAREX AEA®

Fuente. Realizado por Gonzalez y Sudnicki (2012)

Tabla 5.

Diseño de Mezcla con adición de Aditivo DAREX AEA® del 0,1% en peso del cemento.

Diseño #3 DAREX AEA® 0,1% peso Cemento		
Rc=	210	Kg/cm
Z=	1.282	
σ=	30	Kg/cm
Rr=	248	Kg/cm
T=	5	Pulg
β=	52	%
α=	0.67	
C=	294	Kg/m³
a=	198	lts/m³
P%=	1.23	%
A=	1.08	P
P=	840	Kg/m³
A=	910	Kg/m³
ac=	172	Kg/m³
Pc=	853	Kg/m³
Ac=	925	Kg/m³
AD=	0.3	Kg/m³

Características del Agregado		
TM=	1	Pulg
Asss=	2.56	Kg/m³
Psss=	2.45	Kg/m³

	Arena	**Piedra**
H%	3	0.7
A%	1.5	0.6

Cantidades Necesarias para 8 Cilindros		
c=	9.99	Kg
a=	5.4	Lts
A=	38.37	Kg
P=	34.78	Kg
αc=	0.54	
AD*=	52.96	ml
AD=	9.99	ml

AD*= WRDA®79 y AD=DAREX AEA®

Fuente. Realizado por Gonzalez y Sudnicki (2012)

Tabla 6.

Diseño de Mezcla con adición de Aditivo DAREX AEA® del 0,2% en peso del cemento.

Diseño #4 DAREX AEA® 0,2% peso Cemento		
Rc=	210	Kg/cm
Z=	1.282	
σ=	30	Kg/cm
Rr=	248	Kg/cm
T=	5	Pulg
β=	52	%
α=	0.67	
C=	294	Kg/m³
a=	198	lts/m³
P%=	1.23	%
A=	1.08	P
P=	840	Kg/m³
A=	910	Kg/m³
ac=	172	Kg/m³
Pc=	853	Kg/m³
Ac=	925	Kg/m³
AD=	0.6	Kg/m³

Características del Agregado		
TM=	1	Pulg
Asss=	2.56	Kg/m³
Psss=	2.45	Kg/m³

	Arena	**Piedra**
H%	3	0.7
A%	1.5	0.6

Cantidades Necesarias para 8 Cilindros		
c=	9.99	Kg
a=	5.4	Lts
A=	38.37	Kg
P=	34.78	Kg
αc=	0.54	
AD*=	52.96	ml
AD=	19.99	ml

AD*= WRDA®79 y AD=DAREX AEA®

Fuente. Realizado por Gonzalez y Sudnicki (2012)

Tabla 7.

Diseño de Mezcla con adición de Aditivo DAREX AEA® del 0,3% en peso del cemento.

Diseño #5 DAREX AEA® 0,3% peso Cemento		
Rc=	210	Kg/cm
Z=	1.282	
σ=	30	Kg/cm
Rr=	248	Kg/cm
T=	5	Pulg
β=	52	%
α=	0.67	
C=	294	Kg/m³
a=	198	lts/m³
P%=	1.23	%
A=	1.08	P
P=	840	Kg/m³
A=	910	Kg/m³
ac=	172	Kg/m³
Pc=	853	Kg/m³
Ac=	925	Kg/m³
AD=	0.9	Kg/m³

Características del Agregado		
TM=	1	Pulg
Asss=	2.56	Kg/m³
Psss=	2.45	Kg/m³

	Arena	**Piedra**
H%	3	0.7
A%	1.5	0.6

Cantidades Necesarias para 8 Cilindros		
c=	9.99	Kg
a=	5.4	Lts
A=	38.37	Kg
P=	34.78	Kg
αc=	0.54	
AD*=	52.96	ml
AD=	29.98	ml

AD*= WRDA®79 y AD=DAREX AEA®

Fuente. Realizado por Gonzalez y Sudnicki (2012)

Tabla 8.

Diseño de Mezcla con adición de Aditivo DAREX AEA® del 0,4% en peso del cemento.

Diseño #6 DAREX AEA® 0,4% peso Cemento		
Rc=	210	Kg/cm
Z=	1.282	
σ=	30	Kg/cm
Rr=	248	Kg/cm
T=	5	Pulg
β=	52	%
α=	0.67	
C=	294	Kg/m³
a=	198	lts/m³
P%=	1.23	%
A=	1.08	P
P=	840	Kg/m³
A=	910	Kg/m³
ac=	172	Kg/m³
Pc=	853	Kg/m³
Ac=	925	Kg/m³
AD=	1.2	Kg/m³

Características del Agregado		
TM=	1	Pulg
Asss=	2.56	Kg/m³
Psss=	2.45	Kg/m³

	Arena	**Piedra**
H%	3	0.7
A%	1.5	0.6

Cantidades Necesarias para 8 Cilindros		
c=	9.99	Kg
a=	5.4	Lts
A=	38.37	Kg
P=	34.78	Kg
αc=	0.54	
AD*=	52.96	ml
AD=	39.97	ml

AD*= WRDA®79 y AD=DAREX AEA®

Fuente. Realizado por Gonzalez y Sudnicki (2012)

Ejecución del diseño de la mezcla de concreto.

Equipos e Instrumentos:

Instrumentos:

Mezcladora: Mezcladora de concreto de 50 lts

Equipos:

Pala: Pala de albañil para introducir los materiales en la mezcladora.

Cuchara: Cuchara de albañil para tomar proporciones de mezclas iguales al momento de ensayar la probetas cilíndricas

Procedimiento:

Se determina la humedad superficial de la arena por medio del ensayo para obtener la humedad del agregado fino, realizar la corrección por humedad, el día anterior a la ejecución del diseño obtenga suficiente cantidad de arena y piedra para preparar la mezcla; guárdela en un recipiente hermético y tome aproximadamente 100 g de arena y 200 g de agregado grueso; péselos y colóquelos el horno por 18 a 24 horas. Con esta información puede realizar la corrección por humedad con mayor precisión, obtenidas las cantidades de arena, piedra, cemento y agua para preparar 35 litros de concreto.

Ponga en funcionamiento la mezcladora y enjuáguela con agua; inclínela para escurrir el agua del lavado, coloque en la mezcladora en

funcionamiento añada el agregado grueso y parte del agua; ponga en funcionamiento añada la arena, el cemento y el resto del agua.

A partir del momento el cual todos los componentes se encuentran en la mezcladora deje que esta funcione por tres minutos, permita que la mezcla repose por tres minutos luego mezcle por dos minutos adicionales.

Mida el asentamiento con el cono de Abrams; prepare los cilindros para prueba de resistencia a la compresión y determine el contenido de aire, el peso por metro cubico con los procedimientos descritos a continuación:

Método para la medición del asentamiento con el cono de Abrams.

Equipos:

Molde cónico

Barra compactadora: Barra de acero de 5/8¨ de diámetro lisa y con punta redonda

Procedimiento:

Coloque el molde cónico sobre una superficie plana no absorbente y humedezca las partes que estarán en contacto con el concreto, realice dos marcas con tiza a las alturas de 6,5 y 15 cm a partir de la base.

Añada concreto fresco hasta la marca de 6,5 y compacte con 25 golpes de la barra compactadora distribuidos uniformemente por todas la sección, la barra debe penetrar completamente esta capa.

Repita la operación anterior, llenando ahora hasta la merca y compactando con 25 golpes, complete con más concreto fresco hasta que se llene el molde por exceso y repita el proceso de compactado, levántelo cuidadosamente el molde en forma vertical sin girarlo.

Mida el asentamiento con la diferencia entre la altura del molde y la del centro de la cara superior del cono deformado.

Método de ensayo para determinar el contenido de aire en el concreto fresco por medio del método de presión. (COVENIN 348:2004)

Este método describe el procedimiento para determinar el contenido de aire en el concreto fresco a partir del cambio de volumen debido a un cambio de presión.

Este método se emplea en concretos y morteros con agregados naturales relativamente densos.

Equipos e Instrumentos.

Instrumentos:

Existen aparatos de dos diseños básicos que emplean el principio de la ley de Boyle: tipo A y tipo B.

En nuestro caso utilizaremos el medidor de aire tipo A. El principio de operación de este medidor consiste en introducir agua hasta una determinada altura sobre la muestra de concreto de volumen conocido y aplicar una presión de aire determinada sobre el agua. Se determina

entonces la reducción en volumen del aire en la muestra de concreto, midiendo el descenso producido en el nivel del agua al aplicar la presión.

Equipos:

Para poder determinar el contenido de aire de acuerdo a lo especificado en esta Norma se requieren los siguientes equipos:

Cuchara de albañil: Cuchara para el llenado de concreto el recipiente del medidor de aire.

Barra compactadora: Barra de acero, recta, lisa de 16mm de diámetro y 60 cm aproximadamente de longitud y de punta semi-esférica.

Martillo: Martillo de cucho cuyo peso aproximado es de 600 g.

Regla: Regla de alisado, plana de acero.

Embudo: Embudo cuya boquilla encaje en el tubo dispensador.

Envase para agua: Envase con capacidad necesaria para llenar el indicador con agua desde la parte superior del concreto hasta la marca cero de la escala.

Preparación de la Muestra.

La muestra de concreto fresco se debe obtener de acuerdo con lo descrito en la Norma **COVENIN 344**.

Procedimiento.

Se coloca el concreto en el recipiente en tres capas de volúmenes aproximadamente iguales. Se compacta cada capa de concreto con 25 golpes de la barra distribuidos uniformemente sobre la sección. Después de compactar cada capa, se golpea los lados del recipiente de 10 a 15 veces con el martillo de caucho para cerrar cualquier oquedad dejada por la barra y para eliminar posible burbujas grandes de aire que pueda haber siso atrapado al compactar la capa de fondo, la barra debe atravesar pero sin golpear fuertemente el fondo del recipiente. Al compactar la segunda capa y última capa se debe aplicar solo la fuerza suficiente para que la barra penetre la superficie de la capa anterior unos 25 mm. Se rebosa ligeramente y sin exceso el recipiente con la tercera capa.

Se enrasa la superficie superior del concreto, después de la compactación pasando la regla de alisado sobre el borde del recipiente de medida, con un movimiento de serrucho hasta que a ras. Lo óptimo es quitar aproximadamente 3 mm durante el enrasado.

Se limpia las pestañas del recipiente de la tapa de tal manera que cuando se fije en su lugar quede herméticamente sellada.

Se ensambla el aparato y se añade agua sobre el concreto hasta que alcance aproximada mente la mitad de la altura del tubo graduado, se inclina el aparato ensamblado a 30º aproximadamente, usando el fondo del recipiente como pivote, describa varios círculos completos con el extremo superior del tubo, simultáneamente se golpea la tapa para eliminar cualquier burbuja de aire atrapada sobre la muestra de concreto, se regresa el aparato en posición vertical y se llena el tubo graduado ligueramente sobre la marca cero, se golpea nuevamente los lados del recipiente.

Se elimina la espuma en la superficie del agua con una jeringa para obtener in menisco nítido. Se lleve el agua hasta la marca del tubo graduado antes de cerrar el orificio en la parte superior del tubo graduado.

Ensayo sobre el contenido de aire en el concreto.

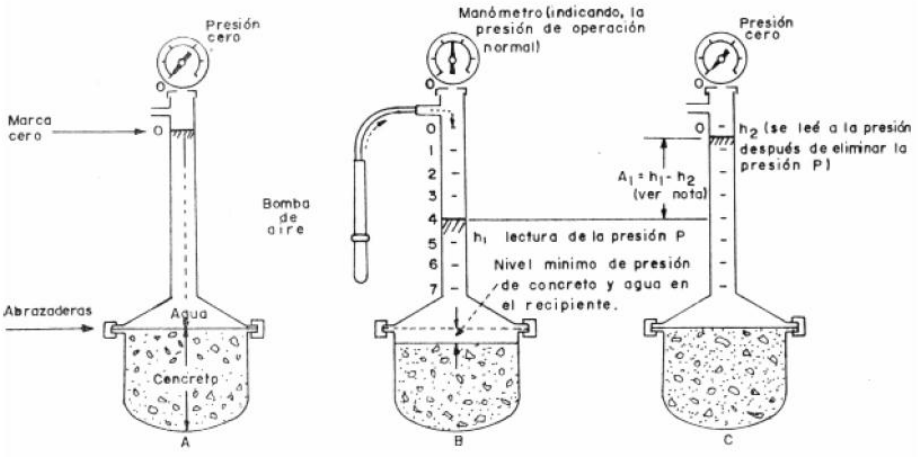
Se aplica al concreto una presión ligeramente mayor que la presión de aproximadamente 15 g/cm^2 utilizando la bomba de mano. Para aliviar restricciones locales se golpea secamente los lados del recipiente y cuando el manómetro indique la presión exacta, se lee el nivel del agua H1 y se anota aproximadamente a la más cercana división o media división de la escala en el tubo graduado. Para mezclas muy secas puede ser necesario golpear vigorosamente el recipiente hasta que no haya cambios en el contenido de aire indicado.

Se disminuye presión de aire gradualmente a través del orificio en el extremo superior del tubo graduado y se golpea suavemente los lados del recipiente durante un minuto aproximadamente.

Se anota el nivel de agua H2 hasta la más cercana división o media división. El Contenido de aire aparente, es A1 = H1 - H2.

Figura 1.

Medición del Contenido de aire Tipo A



Fuente. Obtenido de Norma COVENIN 348:2004 concreto fresco determinación del contenido de aire método de presión.

Figura 2.

Medidor de Aire Ocluido Tipo A

Fuente. Obtenido de Norma COVENIN 348:2004 concreto fresco determinación del contenido de aire método de presión.

Expresión de los Resultados.

Contenido de aire de la muestra ensayada:

El contenido de aire del concreto en el recipiente de medida, se calcula de la siguiente manera:

$$As = Ai - C$$

Dónde:

As= Contenido de aire de la muestra ensayada, en porcentaje.

Ai= Contenido aparente de aire de la muestra ensayada, en porcentaje.

C= Factor de corrección del agregado, en porcentaje.

Verificación del ensayo:

Determinación del factor de corrección.

Los pesos de los agregados finos y gruesos presentes en la muestra de concreto fresco cuyo contenido de aire se va a determinar, se calcularán de la siguiente manera:

$$F_S = \frac{F_b . S}{B} \qquad G_S = \frac{G_b . S}{B}$$

Dónde:

Fs= Peso del agregado fino en la muestra de concreto bajo ensayo, kg.

S= Volumen de la muestra de concreto (igual al volumen del recipiente de medida), m^3.

B= Volumen de concreto producido en cada terceo (Nota 5), m^3.

Fb= Peso total de agregado fino usado en el terceo, con la misma condición de humedad que en el momento de ser mezclado, kg.

Gs= Peso del agregado grueso en la muestra de concreto bajo ensayo, kg.

Gb= Peso total de agregado grueso usado en el terceo, con la misma condición de humedad que en el momento de ser mezclado, kg.

Contenido de aire de la mezcla total:

Cuando la muestra ensayada representa la porción de la mezcla que es obtenida por cernido húmedo para eliminar partículas de agregado retenidas en el cedazo 38,1 mm, el contenido de aire de la mezcla completa será calculado de la siguiente manera:

$$A_t = \frac{100.A_S.V_S}{100.V_t - A_S.V_a}$$

Dónde:

At= Contenido de aire de la mezcla completa, en porcentaje.

Vc= Volumen absoluto de los componentes de la mezcla que pasan al cedazo de 38.1 mm, libre de aire, m^3.

Vt= Volumen Absoluto de todos los componentes de la mezcla, libre de aire, m^3.

Va= Volumen absoluto de los agregados en la mezcla retenidos en el cedazo de 38,1 mm, calculado de los pesos originales del terceo, m^3.

Contenido de aire de la fracción de mortero:

Cuando se desea conocer el contenido de aire de la fracción de mortero de la mezcla, se calcula de la siguiente manera:

$$A_m = \frac{100.A_S.V_c}{100.V_m + A_S(V_S - V_m)}$$

Dónde:
Am= Contenido de aire de la fracción de mortero, en porcentaje.
Vm= Volumen absoluto de los componentes de la fracción de mortero de la mezcla, libre de aire, m^3.

Los valores a ser utilizados en las ecuaciones 4 y 5 pueden ser convenientemente obtenidos de los datos de la mezcla de concreto, ordenados de la siguiente manera, para un terceo de cualquier tamaño:

Volumen absoluto (m^3)
Cemento + Agua + Agregado fino **-** Vm

Agregado grueso + Vm **-**Vc

Agregado grueso (retenido en el cedazo 38.1 mm) Va; Va + Vc **–**Vt

Verificación del contenido de aire:

Se repiten los pasos descritos en la primera parte del ensayo, sin añadir agua para restablecer el nivel a la marca cero. Las dos determinaciones consecutivas del contenido aparente de aire deben coincidir con una diferencia no mayor de 0,2% de aire, y serán promediadas para obtener el valor A, que será usado para calcular el contenido de aire A.

Si el contenido de aire excede el rango del medidor cuando se opera a la presión normal de ensayo, se reduce la presión de ensayo a la presión alternativa de ensayo, y se repite los pasos señalados en los puntos.
En el anexo aparecen los procedimientos exactos de calibración. Un valor promedio de la presión alternativa de ensayo, P1, tal que el contenido de aire aparente sea igual a dos veces la lectura del medidor, se calcula de la siguiente manera:

$$P1 = \frac{P_a . P}{2P_a + P}$$

Dónde:

P1= Presión alternativa de ensayo, kgf/cm^2

Pa= Presión atmosférica, kgf/cm^2

P= Presión normal de ensayo, kgf/cm^2

Elaboración, curado y ensayo de probetas cilíndricas en concreto (C.C.C.A CON 4).

Instrumento:

Molde cilíndricos

Barra compactadora: Barra de acero de 5/8¨, lisa y con punta redondeada.

Procedimiento:

Llene el molde con concreto fresco hasta aproximada mente un tercio de su altura y compacte con 25 golpes uniformemente repartidos, tratando de abarcar toda la sección y de golpear en la misma dirección de eje del molde, repita el proceso anterior dos veces, añadiendo en cada caso un tercio en la última capa, de tal manera que se pueda enrasar el molde después de la compactación, sin necesidad de añadir más material.

Durante las primeras 24 horas de elaboradas las probetas, estas se mantendrán dentro del molde dentro cubiertas con trapos húmedos.

Entres las 24 y 48 horas siguientes se retiran cuidadosamente las probetas cilíndricas de sus moldes en sus moldes y se sumergen en agua.

Las probetas serán ensayadas a las edades previstas con una tolerancia de más de 12 horas a los 7 días y de más de 2 días a los 28 días.

Determine la sección de la probeta en su zona central y su diámetro de cálculo será el promedio de dos diámetros ortogonales. Mida la altura total de la probeta con su remate.

Resistencia mecánica a la compresión.

Este ensayo permite determinar la resistencia a la compresión para diferentes edades de curado, lo que indica el comportamiento del desarrollo de la resistencia.

Procedimiento:

Los cilindros se colocan en la máquina de ensayo, se centran y se verifica que la superficie tanto la del cilindro como la de la maquina este limpia.

Aplicar las cargas a una velocidad de 3 ± 1 Kg/cm², se lee los valores de la carga aplicada por la maquina y se calcula la resistencia.

Rc= P/A

Donde:

Rc= Resistencia a la compresión **(**Kg/cm²)

P= Carga máxima aplicada (Kg)

A= Área del cilindro (cm²)

CAPITULO IV

ANALISIS DE RESULTADOS

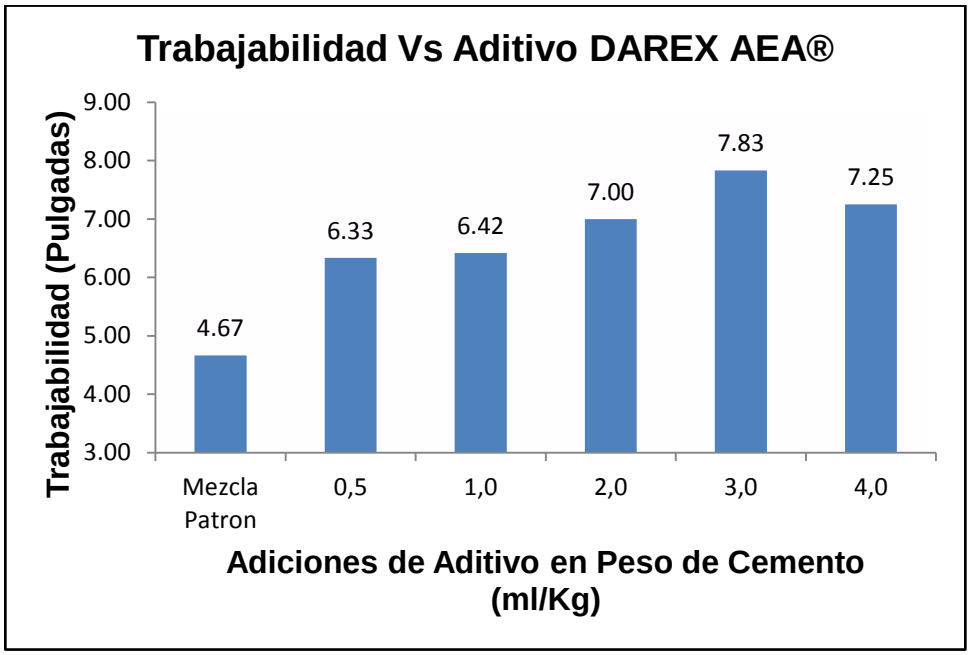
Condiciones Generales

Con los resultados de todas las muestras ensayadas se obtuvo los datos necesarios para el desarrollo de la investigación. A continuación se presentan los análisis de resultados con respecto a las variables por las que son afectadas por el aditivo DAREX AEA® en una mezcla de concreto con WRDA®79.

La primera variable a analizar es la de la Trabajabilidad obteniendo los resultados esperados en el cual aumenta la Trabajabilidad de la mezcla de concreto a medida que se va incrementando la dosis de aditivo, esto ocurre hasta la dosis de 3,0 ml por Kg de cemento obteniendo así un asentamiento máximo de 7,83 pulgadas para una mezcla patrón de 5 pulgadas, luego para la muestra de 4 ml el asentamiento decrece, esto significa que el aditivo va perdiendo sus propiedades de Trabajabilidad cuando hay un exceso de aditivo en la mezcla. Se debe tomar en cuenta que para las dosis de 0,5 y 1,0 ml la Trabajabilidad no tiene grandes cambios entre si pero es notable el efecto que tiene el aditivo sobre la muestra ya que al compararlas con la patrón se nota un aumento de mas del 25% en la Trabajabilidad, ya para la dosis de 2,0 y 3,0 ml la Trabajabilidad aumenta en mas del 50%. Ver (Gráfica 1).

Gráfica 1.

Trabajabilidad vs. Aditivo DAREX AEA®

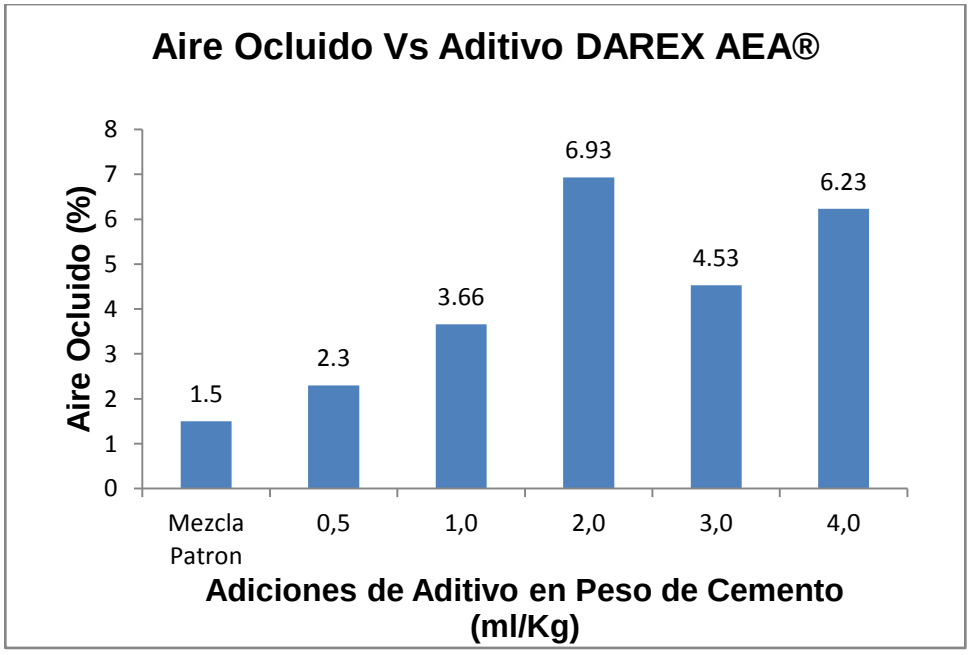


Fuente. Realizado por Gonzalez y Sudnicki (2012)

La segunda variable en estudio es la cantidad de aire ocluido en la mezcla de concreto, los resultados arrojados por los ensayos se muestran con un incremento de aire ocluido a medida que se colocó más cantidades de aditivo DAREX AEA® en ml de peso de cemento (kg) con respecto a la mezcla patrón, hasta el máximo registrado de 6,93 % de aire ocluido en la muestra de concreto con DAREX AEA® 2,0 ml/kg de cemento. Para las muestras con 3,0 ml/kg en peso de cemento comienza a disminuir, lo que quiere decir que el aditivo DAREX AEA® empieza a perder su función principal de incorporar aire a la mezcla y, disminuye a un 4,53 %, ya para la mezcla con DAREX AEA® 4,0 ml/kg en peso de cemento aumenta el porcentaje a 6,23% de aire ocluido. (Ver Gráfica 2).

Gráfica 2.

Aire Ocluido vs. Aditivo DAREX AEA®



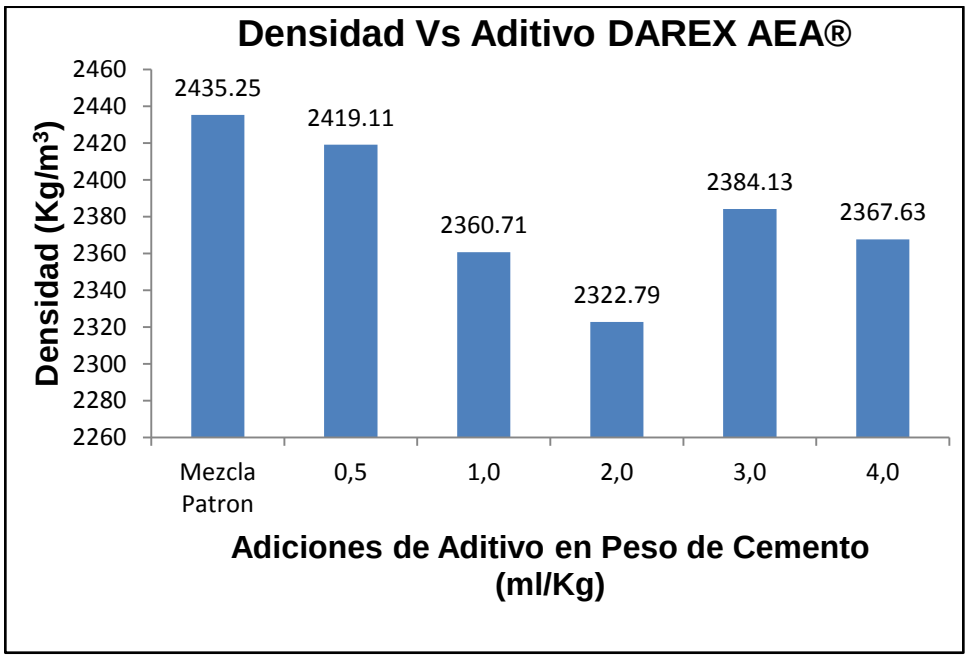
Fuente. Realizado por Gonzalez y Sudnicki (2012)

Para el estudio de la densidad, la mezcla de concreto va disminuyendo su densidad desde 2435,25 kg/m^3 de la mezcla patrón llegando a 2322,79 kg/m^3 para una mezcla de concreto con 2 ml de DAREX AEA® por kilogramo de cemento observando una disminución de esta hasta un 5 %.

A medida que se varía la dosis de aditivo la densidad va disminuyendo hasta la muestra con 2,0 ml que representa el punto de menor densidad esto se debe a la cantidad de aire ocluido en la mezcla, luego se nota un incremento de la densidad pero no mayor a la de la muestra patrón, lo que nos indica que el aditivo DAREX AEA® pierde su efectividad a medida de que aumentamos la dosis. Ver (Gráfica 3).

Gráfica 3.

Densidad vs. Aditivo DAREX AEA®

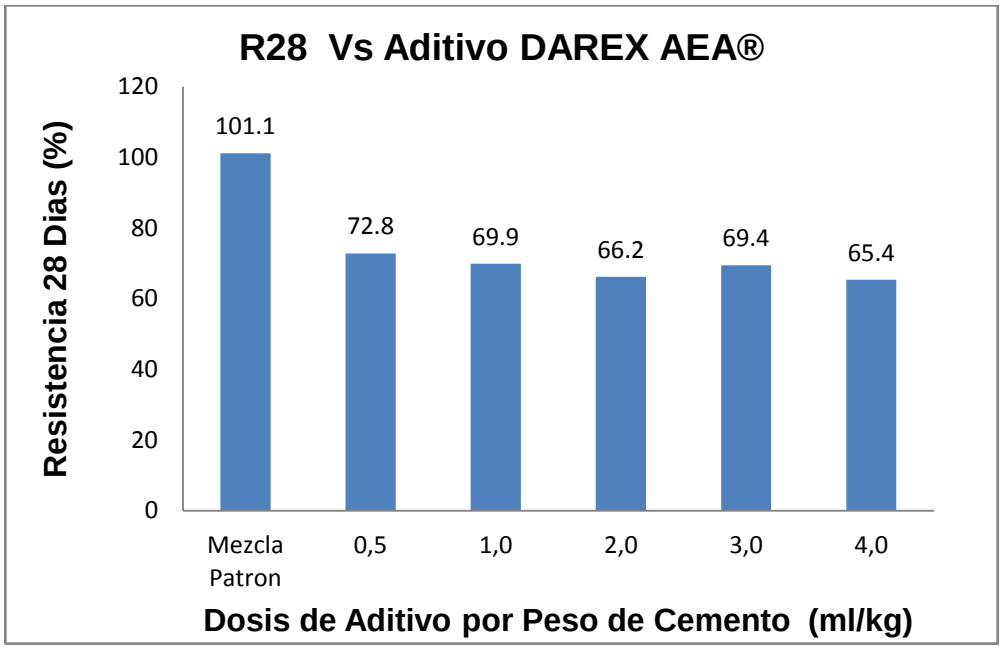


Fuente. Realizado por Gonzalez y Sudnicki (2012)

La variable de la resistencia a compresión va disminuyendo a medida que va aumentando la dosis te aditivo DAREX AEA®, pero se nota en las graficas 4, 5 y 6 que el aditivo tiene un incremento de la resistencia pasados los 28 días, es decir, que para los ensayos de resistencia a los 60 y 90 días existe un incremento leve con respecto al anterior. Ya que a lo largo del tiempo la resistencia sigue aumentando. Hasta logra una progresión con respecto a la resistencia a los 28 días de hasta un 35% en la mezcla con 2 ml de DAREX AEA® por kilogramo de cemento. (Ver gráficas 4, 5 y 6)

Gráfica 4.

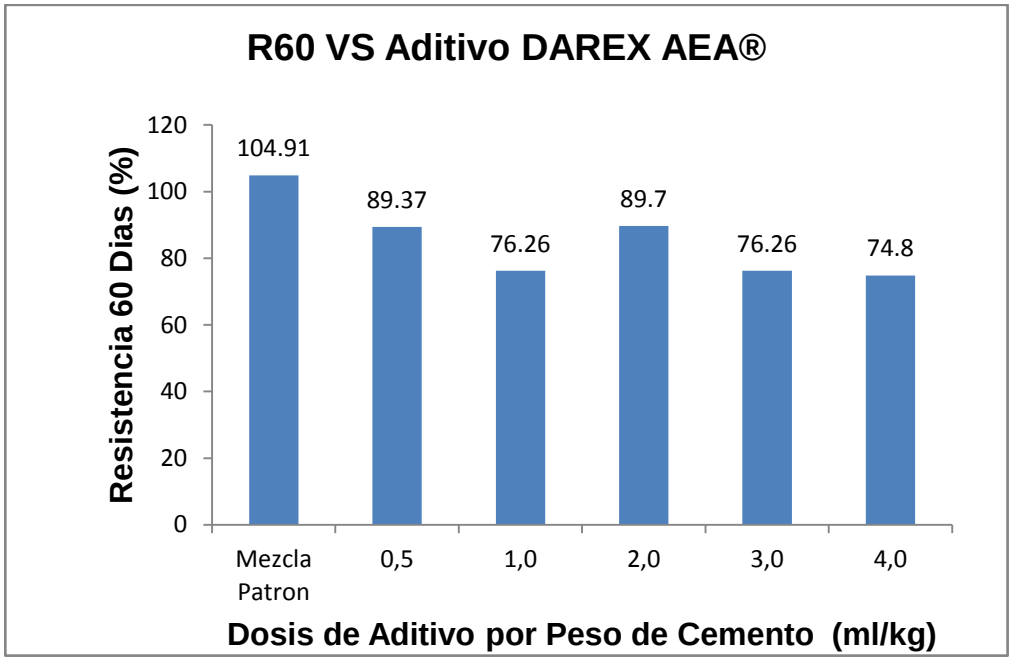
Resistencia a los 28 días vs. Aditivo DAREX AEA®



Fuente. Realizado por Gonzalez y Sudnicki (2012)

Gráfica 5.

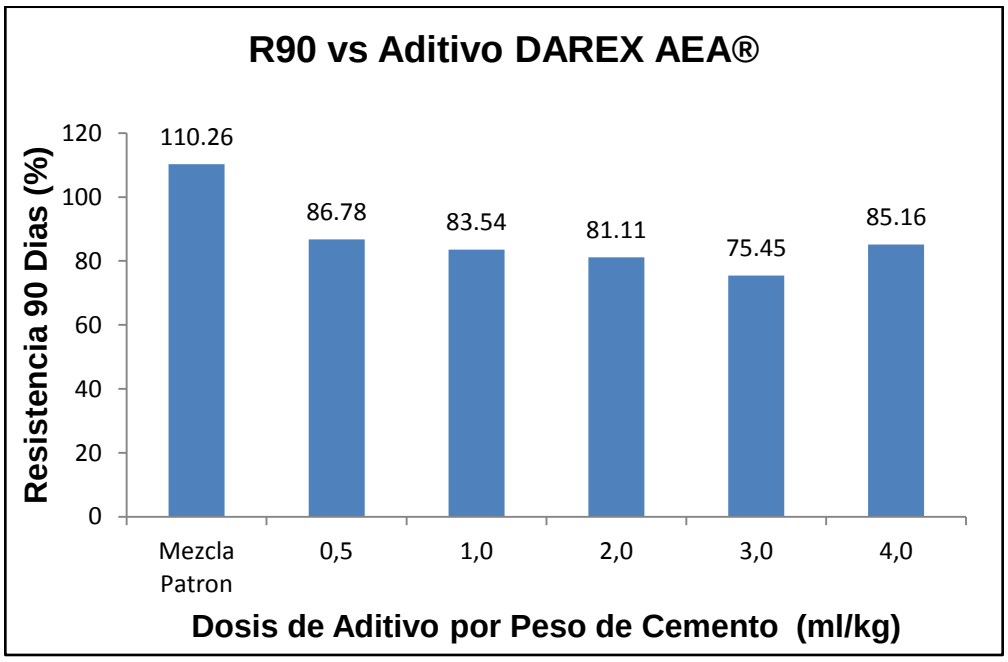
Resistencia a los 60 días vs. Aditivo DAREX AEA®



Fuente. Realizado por Gonzalez y Sudnicki (2012)

Gráfica 6.

Resistencia a los 90 días vs. Aditivo DAREX AEA®



Fuente. Realizado por Gonzalez y Sudnicki (2012)

Tabla 9.

Resumen de los Datos Recolectados

CARACTERÍSTICAS	Dosis de Aditivo en Peso del Cemento (ml/kg)					
	S/A	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0
Trabajabilidad (Pulg)	4,67	6,33	6,42	7,00	7,83	7,25
Aire Ocluido (%)	1,5	2,3	3,66	6,93	4,53	6,23
Densidad (kg/m^3)	2435,25	2419,11	2360,71	2322,79	2384,13	2367,63
Resistencia 28 Días (%)	101,1	72,8	69,9	66,2	69,4	65,4
Resistencia 60 Días (%)	104,91	89,37	76,26	89,7	76,26	74,8
Resistencia 90 Días (%)	110,26	86,78	83,54	81,11	75,45	85,16

Fuente. Realizado por Gonzalez y Sudnicki (2012)

CONCLUSIONES

Luego de haber realizado todos los ensayos a las muestras y con los resultados obtenidos mostrados anteriormente en las graficas se logran las siguientes conclusiones:

- En los resultados obtenidos en la evaluación del DAREX AEA® en una mezcla de concreto con WRDA®79 se logra notar que el aditivo incorporador de aire añade ciertas propiedades a la mezcla de concreto, como lo son la disminución de la Densidad, Aumento de la Trabajabilidad y del porcentaje de aire ocluido. También es cierto que la resistencia a la compresión del aditivo va disminuyendo a medida que se va aumentando la dosis del aditivo, aunque el comportamiento de este parámetro no es el atípico para una muestra de concreto, ya que se observó a diferencia de la muestra patrón (sin DAREX AEA®) que las probetas seguían desarrollando resistencias a partir de los 28 días. Por lo que hace que el aditivo alcance unas resistencias aceptables a los 90 días.

- La densidad de la muestra se puede considerar aceptable con todas las dosis de aditivo usadas en el trabajo de investigación, ya que estas permanecen en el rango aceptable por la norma Venezolana debido a que esta no varia mas de 5% con respecto a la mezcla patrón. La dosis con la que se logro mayor disminución de la densidad es con la de 2,0 ml de DAREX AEA® por cada kilogramo de cemento.

- Analizando los resultados se puede variar la cantidad de aditivo que se use según la necesidad que se requiera. Aunque debemos tomar en cuenta que se obtendrán resistencias altas mucho más adelante de los 28 días, como normalmente ocurre, es decir, que se lograrán resistencias mayores con el paso del tiempo pero estas nunca llegarán al 100% de la resistencia de cálculo.

RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos se recomienda que el uso del Aditivo DAREX AEA® se ve limitado solo a concretos No estructurales ya que tarda mucho tiempo en llegar a una resistencia adecuada para un desencofrado para el caso de una viga, columna, losas y muros lo que representa costos adicionales a la obra.

Cuando en los requerimientos de una obra se encuentre un concreto fluido, como para el bombeo del concreto a través de tuberías. Se recomienda el uso del aditivo DAREX AEA® para tener los resultados esperados siempre y cuando el concreto no se use para estructuras.

Se recomienda tomar en cuenta las nuevas curvas de resistencia que se forma en diseños de mezcla que incluyan el aditivo DAREX AEA® ya que se observo que la resistencia tiende a desarrollarse hasta un 30% mas de la resistencia lograda a los 28 días,

Cabe mencionar que el incorporador de aire DAREX AEA® en una mezcla de concreto también puede ser utilizado donde luego de estar endurecido sufra cambios bruscos de temperatura, el llamado hielo y deshielo, siendo muy útil en cavas de refrigeración.

En el mismo orden de ideas debe señalarse que el uso del aditivo incorporador de aire DAREX®AEA en concretos es posible su uso cuando sea necesario ser proyectado, siendo este una mezcla con solo agregados finos ya que las micros burbujas se adhieren en los finos arrojando como resultado un mortero auto-nivelante.

BIBLIOGRAFIA

Aditivos para Hormigón (2009). Extraído el 15 de marzo de 2012. http://ingenieria-civil2009.blogspot.com/2009/10/aditivos-para-hormigon-y-mortero.html

Concretos y Materiales S. A. de C. V. (2008). Los Mochis, Sinaloa, México. *ADITIVOS QUÍMICOS PARA EL CONCRETO.* Extraído el 16 de marzo de 2012 de http://www.conymat.com/aditivos-quimicos.htm.

Fernández Cánovas Manuel. Aditivos – ICH. *Los Aditivos*. Extraído el 17 de marzo de 2012 desde icc.ucv.cl/hormigon/fibras.doc.

Font Jaime (2007) Materiales y Ensayos. Guía de laboratorio. Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia.

GRACE Construction Product. *DAREX®AEA Aditivo incorporador de aire • IRAM 1663 - ASTM C260 http://www.ve.graceconstruction.com/cement/download/Darexaea_1.pdf*

GRACE Construction Product. *WRDA®79 Aditivo incorporador de aire • Reductor de agua • ASTM C494 Tipo A* Disponible: http://www.ve.graceconstruction.com/cement/download/wrda_80.pdf

Grajales Tevni. “Los Tipos de Investigación”. Extraído el 12 de agosto de 2011. Disponible: http://tgrajales.net/investipos.pdf

Joseph J. Waddell y Joseph A. Dobrowolski. *Manual de la Construcción con Concreto, Tomo I, Tercera edición. Mc. Graw Hill. 1997*

Porrero, Joaquin y otros. “Manual del Concreto Estructural” tercera Edición Sidetur, Caracas 2009.

Gómez, Arnoldo. Metodología del Trabajo Especial de Grado en la Escuela de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia 2011

ANEXOS

Figura 3. *Especificaciones del Aditivo DAREX AEA®*

Concrete

INFORMACIÓN DE PRODUCTO

Darex AEA®

Aditivo aireante para hormigón según UNE EN 934.2

Descripción

Darex AEA® es una solución acuosa de una compleja mezcla de sales de ácidos orgánicos que contiene un catalizador para una más rápida y completa hiratación del cemento portland.
Darex AEA está específicamente formulado para su uso como oclusor de aire para hormigón, y se fabrica bajo un estricto control que permite esperar una acción uniforme y predecible.
Se presenta en forma líquida, lista para su uso, y no requiere premezclado con agua. Tiene baja viscosidad y peso específico es de 1,03 g/cm³.

Ventajas del Darex AEA

- **Aumenta la durabilidad.**
- **Mayor resistencia a los ciclos hielo-deshielo.**
- **Impermeabiliza.**
- **Reduce la exudación, segregación, retracción y agrietamiento.**
- **Contiene catalizadores para mejor hidratación del cemento.**
- **Preparado para evitar excesos de aire ocluido.**
- **Mejora la trabajabilidad y la puesta en obra.**
- **Facilita la vibración y evita segregaciones.**

¿Qué es el aire ocluido en el hormigón?

Un aireante no añade aire al hormigón sino que lo retiene en el mismo, cuando se produce la agitación en la hormigonera, formándose una espuma de burbujas microscópicas. Estas burbujas actúan como lubricante y deben quedar perfectamente distribuidas. Al mismo tiempo, deben tener el tamaño adecuado y ser estables, es decir, que no desaparezcan una vez formadas.

Funciones del aire ocluido

En hormigón fresco mejora la trabajabilidad y reduce la cantidad de agua. Las burbujas de aire actúan como cojinetes de bolas flexibles entre las partículas de áridos.
En hormigón fraguado y endurecido, las burbujas permanecen separadas y rodeadas de una capa de aditivo, actuando como una barrera contra la humedad y como cámaras de expansión que absorben dilataciones y contracciones debidas a ciclos de hielo-deshielo, etc. Las burbujas de aire compensan la falta de finos en las arenas.

Importancia de la oclusión de aire controlada

Cuarenta años de experiencia han demostrado que hay cuatro propiedades básicas e indispensables en la oclusión de aire en el hormigón, las cuales determinan el valor de los aditivos y sus resultados en el hormigón. Estas propiedades son:

- **Porcentaje de aire**
- **Tamaño y número de burbujas**
- **Dispersión**
- **Resistencia de la película de las burbujas**

Pequeñas variaciones en su dosificación apenas influyen en el total de aire ocluido, el cual es automáticamente limitado.

AENOR ER

GRACE Construction Products

El Darex AEA asegura la generación de burbujas estables, óptimas de tamaño, número y separación.

Adición del Darex AEA

Darex AEA es un líquido marrón de baja viscosidad que fluye tan libremente como el agua. Tiene un peso específico de 1,03 g/cm³ y se suministra en forma lista para su uso.
El rango de dosificación oscila entre 0,5 y 1,5 ‰ sobre peso de conglomerante, dependiendo de la naturaleza de los materiales a emplear. Así, por ejemplo, si se utilizan cenizas volantes la dosificación deberá verse incrementada hasta los márgenes altos.
Los niveles de aire deseados estarán normalmente entre 4 y 7 %.
El Darex AEA promueve una más completa hidratación del cemento, lo que redunda en una mayor resistencia en hormigones pobres y una mínima pérdida de resistencias en hormigones de alto contenido de cemento provocada por la propia oclusión de aire.

Aplicaciones

Hormigón para pavimentos
Por ser la resistencia a los ciclos hielo-deshielo la principal función del aire ocluido en el hormigón, el Darex AEA se ha hecho de primera necesidad en la construcción de autopistas, carreteras y caminos durante más de 30 años. De igual importancia son su resistencia a la acción de los sulfatos y su facilidad de puesta en obra, lo que ha hecho que su utilización sea ventajosa aun en zonas donde no existe peligro de heladas.

Hormigón estructural
La mayoría de los hormigones estructurales no están expuestos a los elementos y por consiguiente bastará con un porcentaje menor de aire ocluido para obtener la trabajabilidad deseada y mantener las resistencias previstas, utilizando normalmente del 2,5 al 4,5 % de aire ocluido.
El hormigón tratado con Darex AEA fluirá mejor entre las armaduras de acero y responderá rápidamente al vibrado y compactado.

Hormigones extruidos
En aquellas aplicaciones de hormigón extruido in situ mediante maquinaria especial de encofrado deslizante para confeccionar bordillos, aceras o medianas tipo "New Jersey" el Darex AEA proporciona la trabajabilidad necesaria para que no se atasque la máquina sin que se deforme la sección extruida.

Plantas de hormigón preparado
En las plantas de hormigón, los operadores notan que el hormigón tratado con Darex AEA mejora la trabajabilidad, facilita la limpieza y descarga del camión y se reducen los desgastes y roturas en las amasadoras y camiones hormigonera. En las centrales donde se usan camiones hormigonera sin medios de agitación una oclusión de aire en torno a 5-6% minimiza la segregación durante su transporte.

El Darex AEA permite además la utilización de arenas deficientes en finos.

Prefabricados de hormigón
Los miles y miles de pequeñísimas burbujas de aire formadas por el Darex AEA sirven para dar mayor compacidad y mejor consolidación. Permite mayor trabajabilidad de las mezclas de baja relación a/c y mejor contacto con los encofrados, se mejoran los acabados y se reducen las fisuras. Al desencofrar la superficie del bloque presenta un brillo que mejora enormemente su apariencia.

Debido al aumento de compacidad, los bloques de hormigón presentan una menor absorción. Con la utilización de Darex AEA se aumenta la producción. Las roturas y desechos, que generalmente pueden ser la diferencia entre beneficios y pérdidas, son prácticamente eliminados. Las ventajas de la oclusión de aire son extensivas a los diferentes tipos de prefabricados de hormigón, tuberías, viguetas, etc.

Equipo dosificador

GRACE pone a disposición de sus clientes sistemas de dosificación para garantizar la correcta aplicación del producto.

Suministro

Darex AEA se suministra en contenedores de 1.000 Kg y en bidones de 215 Kg.

No contiene sustancias inflamables

web Visite nuestra página web: www.graceconstruction.com

Darex AEA Abril 2001. La presente edición anula y sustituye cualquier otra precedente.

Grace, S.A., Riera Fonollar, 15. Sant Boi de Llobregat (Barcelona). Apartado 523. 08080 Barcelona. Teléfono: 93 635 10 00. Fax: 93 635 10 33

Darex AEA es una marca registrada de W. R. Grace & Co.-Conn.

GRACE Construction Products

Figura 4. *Especificaciones del Aditivo WRDA®79*

INFORMACIÓN TÉCNICA

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 continua 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 automáticos y semiautomáticos.

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

GRACE
Construction Products

cuentan con el laboratorio GRACE donde se realizan los ensayos necesarios.

Argentina. Grace Argentina S.A., Primera Junta 570, 1878 Quilmes, Prov. Buenos Aires.
Tel: +54 1 4229 5303 / Fax: +54 1 4229 5308
Brasil. Grace Brasil Ltda., Av Mofarrej 619, Vila Leopoldina, São Paulo.
Tel: +55 11 3649 2704 (2753) / Fax: +55 11 3649 2701
Chile. Grace Química Cía. Ltda., Puerto Montt 3250 Renca, Santiago.
Tel: +56 2 463 2300 / Fax: +56 2 463 2332
México. W.R. Grace Holdings S.A. de C.V., Calle 88710, Fraccionamiento Industrial Toluca, Estado de México 50070.
Tel: +52 72 114643 y +52 72 1300 / Fax: +52 72 114673 y +52 72 701310
Venezuela. Grace Venezuela S.A., Prolongación Av. Michelena C/C. Norte, Apartado 1243, Valencia, Estado Carabobo.
Tel: +58 41 321082 404248 / Fax: +58 41 404280 333510

GRACE is a registered trademark of W.R. Grace & Co.-Conn.

Expresamos que la información que aquí damos es de utilidad. Está basada en nuestro mejor conocimiento y la mejor experiencia actuales. Sugerimos leer todas las indicaciones y sugerencias en conjunto con nuestras condiciones de venta. Las reales aplicaciones y todos nuestros productos. Debido a que la aplicación de estas indicaciones, recomendaciones o sugerencias se encuentran no realmente bajo el control de Grace, no nos responsabilizamos por ningún daño, perjuicio o pérdida ocasionados por su utilización inadecuada. W.R. Grace & Co.-Conn. 62 Whittemore Avenue, Cambridge MA 02140.

GRACE
Construction Products

Tabla 10.

Ensayo de Granulometría del Agregado Fino.

Universidad de Carabobo	**Ensayo de Granulometría**									
Facultad de Ingeniería										
Escuela de Ingeniería Civil										
Laboratorio de Ensayo de Materiales										
Agregado: FINO										
	% Pasante el tamiz de									
	25,4 mm	**19,4 mm**	**12,5 mm**	**9,5 mm**	**4,74 mm**	**2,36 mm**	**1,19 mm**	**0,60 mm**	**0,30 mm**	**0,15 mm**
	1 "	**3/4 "**	**1/2 "**	**3/8 "**	**# 4**	**# 8**	**# 16**	**# 30**	**# 50**	**# 100**
Peso Retenido	0,0	0,0	0,0	0,0	131,2	103,5	60,2	73,5	65,1	43,2
% Retenido en Tamiz	0,0	0,0	0,0	0,0	27,5	21,7	12,6	15,4	13,7	9,1
% Total Retenido	0,0	0,0	0,0	0,0	27,5	49,2	61,8	77,2	90,8	99,8
% Que Pasa	0,0	0,0	0,0	0,0	72,5	50,8	38,2	22,8	9,2	0,2
Límite Superior	100	90	75	68	55	45	35	25	16	8
Límite Inferior	90	70	55	45	30	20	15	10	5	2

Fuente. Elaborado por González y Sudnicki

Gráfica 7.

Granulometría del Agregado Fino.

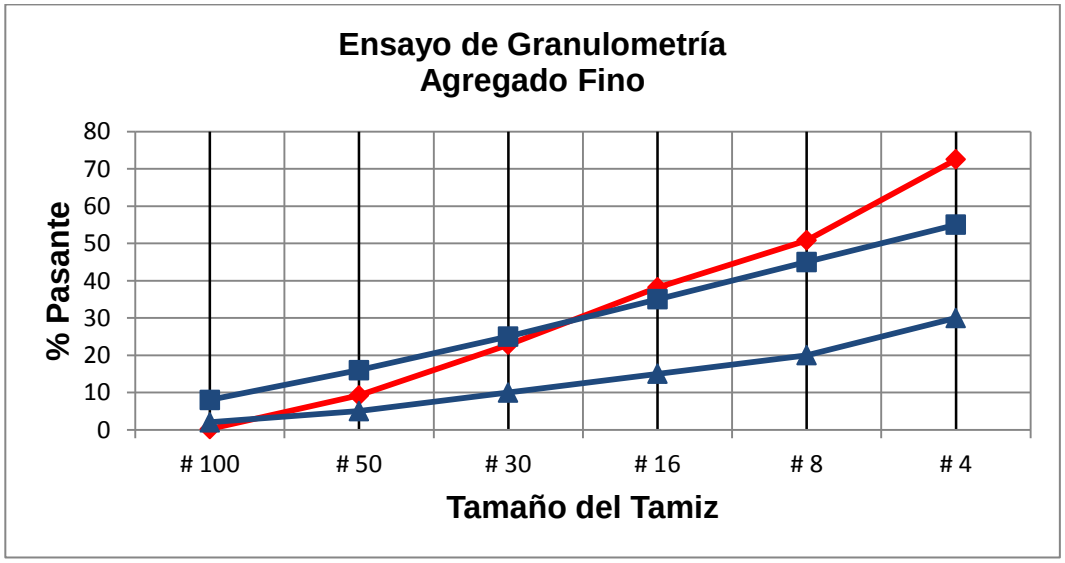


Tabla 11.

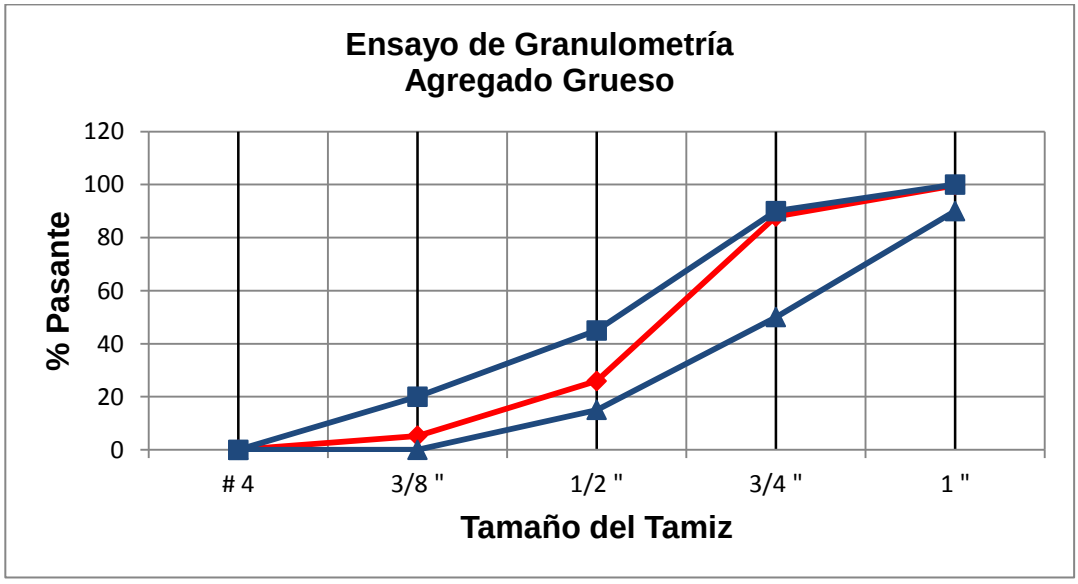
Ensayo de Granulometría del Agregado Grueso.

Universidad de Carabobo Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Civil Laboratorio de Ensayo de Materiales **Agregado: GRUESO**	**Ensayo de Granulometría**									
	% Pasante el tamiz de									
	25,4 mm	**19,4 mm**	**12,5 mm**	**9,5 mm**	**4,74 mm**	**2,36 mm**	**1,19 mm**	**0,60 mm**	**0,30 mm**	**0,15 mm**
	1 "	**3/4 "**	**1/2 "**	**3/8 "**	**# 4**	**# 8**	**# 16**	**# 30**	**# 50**	**# 100**
Peso Retenido	31,5	1190	6300	2100	530	0	0	0	0	0
% Retenido en Tamiz	0,3	11,7	62,1	20,7	5,2	0	0	0	0	0
% Total Retenido	0,3	12,0	74,1	94,8	100,0	0	0	0	0	0
% Que Pasa	99,7	88,0	25,9	5,2	0,0	0	0	0	0	0
Límite Superior	100	90	45	20	0	0	0	0	0	0
Límite Inferior	90	50	15	0	0	0	0	0	0	0

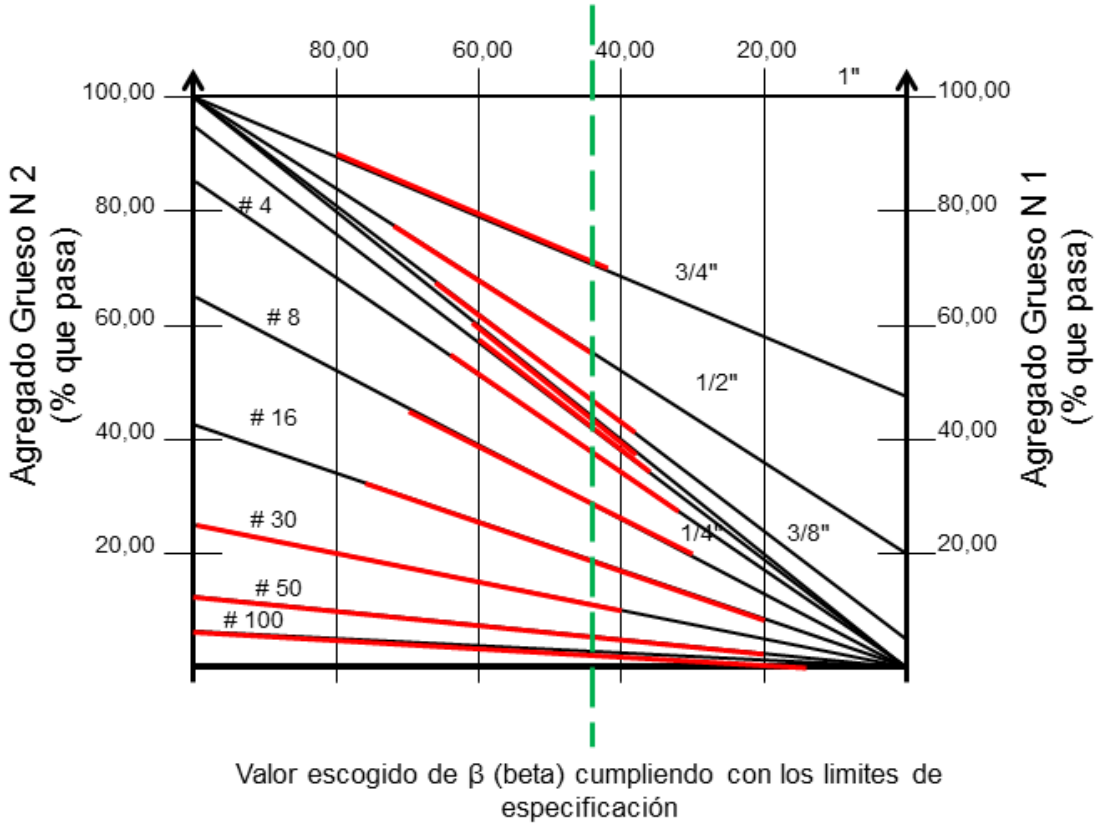
Fuente. Elaborado por González y Sudnicki

Gráfica 8.

Granulometría del Agregado Grueso.



Gráfica 9.



Valor de Beta

Fuente. Elaborado por González y Sudnicki

Figura 5.

Recolección de agregados

Figura 6.

Pesaje de agregados

Figura 7.

Pesaje de Agua para la mezcla de concreto

Figura 8.

Mezclado de los agregados

Figura 9.

Trompo girando y mezclando el concreto

Figura 10.

Incorporación del Aditivo DAREX AEA® con inyectadora

Figura 11.

Volteo del trompo sobre carretilla para mejor manejo de la mezcla

Figura 12.

Remezclado sobre carretilla

Figura 13.

Ensayo del Cono de Abrams

Figura 14.

Medición del Asentamiento

Figura 15.

Relleno de cilindros con la mezcla fresca

Figura 16.

Cilindros con la mezcla fresca

Figura 17.

Colocación de la mezcla en el medidor de aire ocluido

Figura 18.

Ensamblaje del Medidor de Aire Ocluido

Figura 19.

Incorporación de agua al Medidor de Aire Ocluido

Figura 20.

Medición del Aire Ocluido

Figura 21.

Cilindros con la mezcla endurecida

Figura 22.

Piscina de curado para los cilindros

Figura 23.

Cilindros listos para medición de la densidad y ensayar compresión

Figura 24.

Máquina de Resistencia a la Compresión

Figura 25.

Cilindros luego de ser ensayados a compresión

Resultados de los Ensayos a los Agregados

Tabla 12.

FINOS	
Impurezas Orgánicas	Negativo
Cloruros y Sulfatos	Negativo
Pasante # 200 (74 micras)	2.6 %
Partículas menores a 20 micras	1.4 %
Peso Unitario Suelto	1761.4 Kg/m³
Peso Unitario Compacto	1870.5 Kg/m³
Peso Específico Saturado S.S.	2586 Kg/m³
Peso Específico Real	2559 Kg/m³
Abosorción	1.5 %
Dimensiones Máx. y Mín.	2 %

Fuente. Elaborado por González y Sudnicki

Tabla 13.

GRUESOS	
Desgaste (Maq. de los Angeles)	24.61 %
Peso Unitario Suelto	1451.2 Kg/m³
Peso Unitario Compacto	1684.1 Kg/m³
Peso Específico Saturado S.S.	2570 Kg/m³
Peso Específico Real	2449 Kg/m³
Absorción	0.6 %

Fuente. Elaborado por González y Sudnicki