



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO COMPACTADO CON  
RODILLO (C.C.R) DE RESISTENCIA 310 KG/CM<sup>2</sup> CON  
PLASTIFICANTE RETARDADOR PARA PAVIMENTO RÍGIDO.**

**Autores:** Astrid Bello Contreras

Luis D´erlee De Sousa

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego

Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



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

**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO  
(C.C.R) DE RESISTENCIA 310 KG/CM<sup>2</sup> CON PLASTIFICANTE  
RETARDADOR PARA PAVIMENTO RÍGIDO.**

Trabajo especial de grado presentado como requisito para optar al título de  
INGENIERO CIVIL

**Autores:** Astrid Bello Contreras.

C.I: 21.476.041

Luis D'erdelee de Sousa

C.I: 21.419.857

**Tutor:** Ing. Fernando de Macedo.

C.I: 7.114.125

San Diego, Diciembre 2018



Universidad José Antonio Páez  
Facultad de Ingeniería

FI-CV-003-2018-IICR

Valencia, 31 de Octubre de 2018.

Ciudadano:  
Astrid Bello  
C.I: 21.476.041  
Luis D' derlec  
C.I: 21.419.857  
Presente.-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 01-2018 de fecha 31-10-2018 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO (C.C.R) DE RESISTENCIA 310 KG/CM<sup>2</sup> CON PLASTIFICANTE RETARDADOR PARA PAVIMENTO RÍGIDO**. Presentado por usted(es) como requisito para optar al título de Ingeniero Civil.

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

Atentamente,



*Zalcedo*  
Prof. Zulay Salcedo  
Decana de la Facultad de Ingeniería

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

ZS/fr



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

### ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero Fernando De Macedo portador de la cédula de identidad N° 7.114.125, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el (los) ciudadano(s) Astrid Bello, portador de la cedula de identidad N° 21.476.041 y Luis D'erdelee, portador de la cedula de identidad N° 21.419.857 titulado **DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO (C.C.R) DE RESISTENCIA 310KG/CM<sup>2</sup> CON PLASTIFICANTE RETARDADOR PARA PAVIMENTO RIGIDO**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 23 días del mes de julio del año 2018

Ing. Fernando De Macedo

C.I.: 7.114.125

## AGRADECIMIENTO

Quiero dedicar mi trabajo especial de grado a Dios por haberme dado la oportunidad de cumplir esta gran meta, por sus dones y llevarme de su mano en todo momento.

- **A mis padres**, Pablo Bello y Arelys Contreras por siempre apoyarme incondicionalmente y confiar siempre en mí.

- **A mis Hermanos** por siempre apoyarme y darme animo en los momentos mas difíciles

- **A mi familia**, Por su gran apoyo en el transcurso de mi carrera

- **A mis amigos**, A todos mis amigos cercanos por brindarme su apoyo durante mi carrera y sus buenos consejos.

ÿ **A el Ing. Fernando De Demacedo** por apoyarnos en nuestro trabajo de grado

ÿ **A el Sr Armando Gasperi** por toda su ayuda y colaboración en el transcurso de nuestro trabajo de grado

ÿ **A la Sra Rosa** por su apoyo y dedicación.

ÿ **A los profesores**, Por haber formado parte de nuestra formación profesional, impartiendo en nosotras sus conocimientos en todo nuestro desarrollo en la carrera.

ÿ **A mis compañeros universitarios**, Que nos ayudamos mutuamente en nuestra formación como profesional, y por los buenos momentos compartidos.

ÿ **A la Universidad José Antonio Páez**, Por ofrecerme la oportunidad de estudiar la carrera de Ingeniería Civil.

*“la medida de la inteligencia es la capacidad de cambiar.”*

Albert Einstein.

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente quiero darle gracias a Dios Todopoderoso, por permitirme llegar a este momento tan anhelado, por siempre guiarme y darme la fortaleza, la sabiduría y la paciencia para alcanzar mis metas y poder culminar esta etapa de mi vida con éxito.

A mis padres Lucho y Janeth, son tantas cosas las que tengo que agradecerles que es difícil saber por dónde comenzar, son y siempre serán mi ejemplo a seguir. Gracias por enseñarme y formarme en la fe de Dios, por ser mis guías en todo momento especialmente en aquellos donde el camino era fuerte, por hacerme saber que los tengo a mi lado siempre, por regirme en los buenos valores e inculcarme la perseverancia en todo lo que me proponga. Gracias por el apoyo incondicional que me brindaron durante toda mi carrera y en mi formación como persona, sin ustedes hubiese sido imposible. Los amo con todo mi corazón.

A mis hermanos Luis y Andrea, gracias por ser mis compañeros en todo momento, por estar para mí cuando más lo necesito, por impulsarme a ser cada día mejor y por enseñarme lo que es ser un hermano. Son siempre el mejor regalo los amo.

A mis tíos gracias por estar presentes en toda mi formación como persona y en mi carrera profesional. Por brindarme su apoyo incondicional y por juntos ser la mejor familia que Dios me pudo regalar.

Agradezco también a mis primos, por su apoyo y cariño, son mis otros hermanos.

A mis amigos, los que han estado conmigo desde el colegio y los que me regalo la universidad, gracias por ayudarme en mi proceso de formación como ingeniero, por ser mi apoyo a lo largo de esta etapa donde al estar lejos de mis seres queridos, mi familia eran ustedes. Gracias.

Al Sr Gasperi, gracias por ayudarme en este paso tan importante para lograr mi sueño, gracias por la paciencia y el tiempo dedicado. Gracias a Usted y todos mis profesores puedo decir que lo logre.

## **INDICE**

INDICE DE CUADROS.....	ix
INDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xi
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I.....	3
EL PROBLEMA .....	3
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Formulación del problema .....	5
1.3 Objetivos de la investigación .....	5
1.4 Justificación.....	5
1.5 Alcance.....	6
CAPÍTULO II .....	7
MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Antecedentes .....	7
2.2 Bases teóricas .....	9
2.3 Bases Legales .....	50
2.4 Definición de términos.....	51
CAPÍTULO III.....	54
MARCO METODOLÓGICO.....	54
3.1 Tipo De Investigación.....	54
3.2 Nivel De La Investigación .....	54
3.3 Diseño De La Investigación.....	55
3.4 Población y Muestra .....	55
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos:.....	56
3.6 Fases metodológicas .....	56
CAPITULO IV.....	58
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS .....	58

4.1 Fase I: Caracterización de los materiales para la elaboración del concreto de acuerdo a la Norma COVENIN 268-98 .....	58
4.2 Fase II: Elaboración del diseño de la mezcla de Concreto de resistencia a la Compresión de 310 Kg/cm <sup>2</sup> con aditivo plastificante retardador.....	70
4.3 Fase III: Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en probetas de 2 días (48 Horas), 7 Y 28 días de tiempo.....	76
4.4 Fase IV Comparar los beneficios y limitaciones que presenta los diseños de mezclas de Concreto Compactado con Rodillo (CCR) con respecto al concreto convencional en la construcción de pavimento rígido. ....	96
CAPITULO V .....	103
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	103
Conclusiones .....	103
Recomendaciones.....	105
REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA.....	106

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Gradación de agregados Finos .....	16
Cuadro 2. Límites de los porcentajes que pasan los (2) cedazos de abertura cuadrada .....	17
Cuadro 3. Límites en la granulometría.....	18
Cuadro 4. Enumeración de los cedazos para calcular el módulo de finura.....	19
Cuadro 5. Valores usuales de las relaciones peso/volumen de los agregados no livianos .....	20
Cuadro 6. Comportamiento típico del DARATARD® 17.....	68
Cuadro 7. Muestras del 1 al 7 de Probetas 1 y 1” de edades 2, 7 y 28 días para ensayos de Compresión del Concreto Compactado con Rodillo (CCR) de resistencia 310 Kg/cm <sup>2</sup> realizados en la empresa FRAMEX.....	84
Cuadro 8. Muestras del 8 al 15 de Probetas 1 y 1” de edades 2, 7 y 28 días para ensayos de Compresión del Concreto Compactado con Rodillo (CCR) de resistencia 310 Kg/cm <sup>2</sup> realizados en la empresa FRAMEX.....	85
Cuadro 9. Muestras del 16 al 23 de Probetas 1 y 1” de edades 2, 7 y 28 días para ensayos de Compresión del Concreto Compactado con Rodillo (CCR) de resistencia 310 Kg/cm <sup>2</sup> realizados en la empresa FRAMEX.....	86
Cuadro 10. Muestras del 24 al 30 de Probetas 1 y 1” de edades 2, 7 y 28 días para ensayos de Compresión del Concreto Compactado con Rodillo (CCR) de resistencia 310 Kg/cm <sup>2</sup> realizados en la empresa FRAMEX.....	87
Cuadro 11. Desviación estándar entre dos probetas compañeras de edades 2, 7 y 28 días para ensayos de Compresión del Concreto Compactado con Rodillo (CCR) de resistencia 310 Kg/cm <sup>2</sup> realizados en la empresa FRAMEX.....	89
Cuadro 12. Desviación estándar entre dos probetas compañeras de edades 2, 7 y 28 días para ensayos de Compresión del Concreto Compactado con Rodillo (CCR) de resistencia 310 Kg/cm <sup>2</sup> realizados en la empresa FRAMEX.....	90
Cuadro 13. Control estadístico del Concreto C.C.R de resistencia 310.....	92
Cuadro 14. Resistencia del Concreto CCR a la compresión se ajusta a la Distribución Normal .....	94
Cuadro 15. Comparación de Resistencia a la Compresión del concreto tradicional y el CCR.....	100
Cuadro 16. Variación de Resistencia a la Compresión del concreto tradicional con la edad .....	100

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ensayo de consistencia con Cono de Abrams. ....	25
Figura 2. Pavimento Rígido .....	43
Figura 3. Sección de Pavimento CCR.....	43
Figura 4. Análisis de agregado fino .....	62
Figura 5. Análisis Agregado Grueso.....	63
Figura 6. Granulometría agregado fino.....	64
Figura 7. Agregado grueso.....	65
Figura 8. Granulometría agregado combinado.....	66
Figura 9. Granulometría agregado combinado.....	70
Figura 10. Muestreo 1 . Probetas con gran cantidad de vacíos .....	71
Figura 11. Preparación de la mezcla para la toma de probetas .....	74
Figura 12. Preparación de la mezcla para la toma de probetas .....	75
Figura 13. Preparación de la mezcla para la toma de probetas .....	75
Figura 14. Preparación de la mezcla para la toma de probetas .....	76
Figura 15. Barra compactadora confeccionado por los investigadores.....	77
Figura 16. Medición de la barra compactadora de 80 cms .....	77
Figura 17. Barra compactadora confeccionado por los investigadores.....	78
Figura 18. Preparación de Moldes y Compactación con uso de barra.....	78
Figura 19. Preparación de Moldes y Compactación con uso de barra.....	79
Figura 20. Proceso de realización de Probetas y tomas finalizadas.....	79
Figura 21. Proceso de realización de Probetas y tomas finalizadas.....	80
Figura 22. Probetas desencofrados y sumergida en el tanque de agua .....	80
Figura 23. Ruptura de probetas a la Compresión, Laboratorio Empresa Framex.....	81
Figura 24. Ruptura de probetas a la Compresión, Laboratorio Empresa Framex.....	82
Figura 25. Resultados de Resistencia a la compresión en probetas .....	82
Figura 26. Variabilidad de e Resistencia a la compresión en probetas en edades comprendidas de 2 (48 Hs) ,7 y 28 días.....	91
Figura 27. Distribución normal del concreto CCR de Resistencia a la compresión a 48 hrs (2 días).....	95
Figura 28. Distribución normal del concreto CCR de Resistencia a la compresión a 7 días .....	95
Figura 29. Distribución normal del concreto CCR de Resistencia a la compresión a 28 días .....	96
Figura 30. Resultados de resistencia de una mezcla de concreto CCR y tradicional. ....	101



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO (C.C.R) DE RESISTENCIA 310 KG/CM<sup>2</sup> CON PLASTIFICANTE RETARDADOR PARA PAVIMENTO RÍGIDO**

**Autores:** Bello C. Astrid C.

D'erdelee D. Luis D.

**Tutor:** Ing. Fernando De Macedo

**Fecha:** Diciembre 2018

**RESUMEN**

En la actualidad el hombre se ha dedicado a experimentar nuevas mezclas de concreto que ofrezcan un mejor acabado y calidad en las diferentes aplicaciones del mundo de la construcción. Es por ello que la presente investigación busca obtener evidencia experimental del efecto de uso de un material plastificante retardador y compactado con rodillo en un concreto de resistencia 310 Kg/cm<sup>2</sup> para la construcción de pavimentos rígido, ya que su comportamiento está siendo estudiado en otras partes del mundo, pero en nuestro País todavía esta técnica aun no ha sido muy explorada, ni se cuenta con una normativa vigente razón por la cual es importante la ejecución esta investigación sobre esta nueva tecnología; siguiendo una propuesta viable de nivel descriptivo con diseño cuasi experimental modelando un concreto compactado con rodillo para analizar su comportamiento a la Compresion derivando sus ventajas y limitaciones de este tipo de concreto en pavimentos de concreto. **Descriptores:** Diseño, Concreto CCR, Pavimento rígido.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente el concreto es el material de construcción de mayor uso a nivel mundial, sin embargo su calidad final depende de su naturaleza, materiales, propiedades, selección de las proporciones, proceso de puesta en obra, control de calidad e inspección y mantenimiento de los elementos estructurales. Razón por la cual se utiliza para una amplia variedad de propósitos, cambiando las propiedades del concreto adicionando aditivos, ya sea retardadores, aceleradores de fraguado, colorantes e impermeabilizantes entre otros, razón por la cual el uso de aditivos se ha incrementado rápidamente, donde su elección se realiza de acuerdo al requerimiento del proyecto u obra a realizar

Cabe destacar que a diferencia del cemento, los agregados y el agua, los aditivos no son componentes esenciales de la mezcla de concreto, pero son importantes y su uso se extiende cada vez más por el aporte que hacen a la economía de la mezcla; y la necesidad de modificar las características del concreto.

El concreto compactado con rodillo (CCR) entra dentro de estas variaciones y ha sido implementado en la construcción desde el año 1960 en un proyecto de una presa en Taiwán, tiempo después se comenzó a utilizar en el Reino Unido. En pavimentos, las primeras incursiones con CCR tienen lugar en Suecia y Estados Unidos, en 1930 y 1942, respectivamente. Su mayor uso para la construcción de pavimentos se ha ubicado en Canadá y Estados Unidos desde 1980. como una mezcla de concreto seca y rígida que se coloca y se compacta usando un rodillo vibratorio de 10 toneladas, mejorando su composición con diversificaciones de resistencia y actualmente es utilizado en una gran cantidad de estructuras, principalmente en obras hidráulicas y de vialidad, pero este tipo de concreto actualmente no cuenta con una normativa y es por ello que parte del Comité C09

de ASTM International sobre Concreto y agregados está trabajando en el desarrollo de la misma.

En nuestro País el concreto compactado con rodillo fue implementado en la reconstrucción del cuerpo de la represa el “El Guapo”, ubicada en la vía Oriente del Estado Miranda realizada conjuntamente con una empresa brasileña, con normativas foráneas puesto en Venezuela no está normalizado la aplicación de esta técnica.

El presente proyecto está dirigido al estudio de mezclas de concreto de resistencia  $310 \text{ kg/cm}^2$  con plastificante retardador y compactado con rodillo para pavimento rígido, realizado en el laboratorio de muestras de la Empresa de concreto premezclado FRAMEX.CA, ubicado en la variante Bárbula San Diego utilizando equipos y herramientas sencillas para que sea posible la elaboración y evaluación de las muestras y para cumplir con los objetivos planteados, se estructuró el trabajo por capítulos de la siguiente manera:

Capítulo I: El Problema: Planteamiento del problema, formulación del problema, objetivo general, objetivos específicos, justificación del problema, alcance y limitaciones.

Capítulo II: Marco Metodológico: Antecedentes y bases teóricas

Capítulo III: Marco Metodológico: Tipo de investigación, diseño de la investigación, nivel de investigación, población y muestra, fases metodológicas.

Capítulo IV: Análisis e interpretación de los resultados: se reflejan de manera resumida todas las respuestas a las interrogantes y se describen las resultantes de la investigación.

Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones: en este capítulo los puntos expuestos principalmente se argumentan, a partir de los datos recolectados al finalizar la investigación. Además se exponen las sugerencias mediante las cuales se podrá complementar el trabajo.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1 Planteamiento del problema**

La red vial de un país es fundamental para su desarrollo y crecimiento porque es el único medio que posibilita el transporte de las personas y las cargas, en Latinoamérica se muestra un problema serio en cuanto a infraestructuras en vías de comunicación ya que las regiones con los caminos con desvíos permanentes o tramos deteriorados incrementan los costos de traslado.

Por ello, para un país es estratégico desarrollar su sistema vial porque es el único modo con el que logra satisfacer no solo la obligación de viajar, sino también las necesidades esenciales de la población, razón por la cual si las vías de comunicación de un país no son las adecuadas para que la población satisfaga sus necesidades básicas, es poco probable que los ciudadanos puedan encarar una situación de mejora económicamente.

Venezuela cuenta con una amplia red vial que comprende más de 86.000 km. de los cuales 30.000 km. están pavimentados y de ellas 4.000 km, son autopistas. Pero según declaraciones del presidente del colegio de ingenieros de Venezuela en el año 2018 Enzo Betancourt se ha venido alertando desde hace 15 años que el gobierno nacional abandonó los programas de mantenimiento de la infraestructura vial desde hace 15 años ,donde los técnicos del CIV destacan que entre los años 1960 y 1990 Venezuela era el país de Latinoamérica con mayor número de kilómetros de vías asfaltadas, pero ahora es superado por naciones como Perú y Ecuador que anteriormente tenían trochas y carreteras engrazonadas, donde el promedio de deterioro de la vialidad nacional está por encima de 70%.

Esta situación se repite a lo largo de todo el país y es por ello que la autopista circunvalación del este (Autopista del Este) es la principal y la más transitada de

Valencia, estado Carabobo construida entre los años 60 y 70 pero al transcurrir del tiempo ha sufrido modificaciones a nivel del pavimento motivado al incremento de la demanda de trafico ya que originalmente fue diseñada para un flujo máximo de 20.000 Vehículos, presentando actualmente gran desgaste y deterioro de las mismas.

Ahora bien, la Hiperinflación a nivel nacional está afectando el desarrollo vial por lo que se requiere de sistemas constructivos, técnicas y materiales novedosos que abaraten los costos y brinden soluciones a la problemática de diseños, para el mejoramiento de la infraestructura vial utilizando nuevas tecnologías constructivas que eleven la vida útil del pavimento, buscando de soluciones perdurables en el tiempo, para ir dándole repuesta a las exigencias de diversa índole en el sector vial, lo cual requiere investigaciones de las mismas para identificar aquellas que proporcionen la mejor solución.

Es por ello que la implementación de esta tecnología para la construcción de carreteras, son cada vez más necesarias para dar respuesta a las exigencias de diversa índole en el sector vial, lo cual requiere de la investigación de las mismas para identificar aquellas que proporcionen el mejor diseño, resistencia y bajos costos, por lo que este tipo de trabajo de investigación será un aporte a el país ya que la tecnología de concreto compactado con rodillo es una alternativa que se está empleando a nivel mundial, razón por la cual se pretende investigar y desarrollar el diseño de una mezcla de concreto compactado con rodillo con los mismos materiales y aditivos de Venezuela brindando así una solución eficaz y efectiva de la viabilidad que tiene este concreto como técnica constructiva en pavimentos en vías de altos índices de tráfico diario, dejando así un antecedente para que a corto plazo empresas puedan implementar y brindar esta tecnología en la construcción de nuevas carretera como mejora de las mismas lo que resulta pertinente conocer las características de este material para su diseño.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Será posible elaborar el diseño de mezcla de concreto compactado con rodillo de resistencia  $310 \text{ Kg/cm}^2$  con plastificante retardador para su uso en pavimentos rígido en Venezuela?

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo General**

Diseñar mezcla de concreto compactado con rodillo (C.C.R) de resistencia  $310 \text{ kg/cm}^2$  con plastificante retardador para pavimento rígido

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

1. Caracterizar los materiales para la elaboración del concreto de acuerdo a la Norma Covenin 277-2000.
2. Elaborar el diseño de la mezcla De C.C.R de resistencia a la Compresion de  $310 \text{ Kg/cm}^2$  con aditivo plastificante retardador.
3. Determinar la resistencia a la compresión del concreto en probetas de 48 Horas, 7 y 28 días de tiempo compactando con el uso de apisonador especial.
4. Comparar los beneficios y limitaciones que presenta los diseños de mezclas de Concreto Compactado con Rodillo (CCR) con respecto al concreto convencional en la construcción de pavimento rígido

## **1.4 Justificación**

La investigación que se presenta permitió desarrollar el diseño de mezcla de concreto compactado con rodillo para una resistencia a la compresión de  $310 \text{ Kg/cm}^2$  con adictivo retardador, para obtener información del rango de comportamiento de este tipo mezcla; ampliando de esta manera el conociendo de nuevos materiales y dar la información necesaria sobre las características físicas y mecánicas producidas en el concreto con este tipo de aditivos.

Igualmente esta investigación es importante, ya que en Venezuela no existe ningún tipo de normativa que rijan el uso de concreto compactado con rodillo, ni cuáles deberían ser los requerimientos mínimos para que sea efectivo razón por la cual se justifica el presente estudio.

Cabe destacar que la empresa FRAMEX C.A, siguiendo sus funciones de investigación y apostando hoy en día a la innovación del país, ha decidido apoyar la investigación y diseño de concreto compactado con rodillo, poniendo a su disposición sus instalaciones como lo son los laboratorios, además de prestar colaboración profesional encargada de dirigir el trabajo especial de grado dentro de las instalaciones de la empresa.

Por otra parte el trabajo especial de grado brindará importante conocimiento a los investigadores sobre el tema, además de lograr el cumplimiento del requisito establecido en el pensum de estudios de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez.

### **1.5 Alcance**

Como alcance técnico se pretende realizar el diseño del concreto compactado con rodillo en Venezuela, desarrollando los protocolos que permitan explicar los procesos metodológicos de su elaboración y los costos que este producto pueda generar, lo que será utilizado posteriormente por la empresa FRAMEX, C.A. para mercadear este producto a nivel nacional y ofrecerlo en el desarrollo vial a futuro.

La investigación pretende realizar una serie de ensayos y pruebas realizadas en los laboratorios de esta empresa, suministrando los agregados y aditivos a utilizar en dicho trabajo de investigación a excepción del cemento será dotado por los investigadores, cuyo aporte será la presentación de una alternativa de solución para el problema del pavimento en el país el cual se encuentra muy deteriorado.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

En toda investigación es importante contar con un sustento teórico, dicho término según Hurtado (2007), alude a una “comprensión restringida del proceso del conocimiento, en el cual el investigador intenta encajar una realidad en un marco o perspectiva ya dada, de modo que el estudio puede acabar por confirmar paradigmas”.

#### **2.1 Antecedentes**

Históricamente el que se conoce como el primer uso de un material de cero asentamientos tiene lugar en Taiwan específicamente la represa Shihman, en los años 60. Esta mezcla fue realizada y transportada en la misma obra en pequeñas volquetas. Esparcida con un bulldozer y con una compactación realizada por dos métodos, con vibradores de inmersión y el segundo con rodillos compactadores, a este último se le conoció como rollcrete hasta el año 1990 que es cuando se le empezara a llamar concreto compactado con rodillo o CCR (Muller)

Es muy importante resaltar que el uso de concreto compactado con rodillo para pavimento se origino por primera vez en Canadá a mediados de 1970 cuando necesitaron crear patios de acopio para un proyecto de deforestación en el cual había tránsito de camiones de carga pesada todo esto según un artículo titulado “A different kind of Concrete” (2008) publicado por la empresa Portland Cement Association

Algunos trabajos de grado relacionados directamente con el CCR a continuación:

Aguilar V y Fiedman (2008), presentaron ante la universidad central de Venezuela su trabajo de grado titulado “Diseño de un metodo para la elaboración de

probetas de concreto compactado con rodillo”. Esta investigación tiene como objetivo principal diseñar un método para la elaboración de probetas de concreto Compactado con rodillo que pueda ser implementado en obra. El resultado de esta tesis fue satisfactorio debido a que los objetivos fueron logrados luego de que las probetas de concreto realizadas bajo los parámetros planteados por los tesisistas cumplieran con la resistencia a compresión requerida y los valores de densidad requeridos para ser utilizados en obra.

Escalaya M. (2006), presento ante la Universidad Nacional de la ingeniería su trabajo de tesis para optar al grado de maestro en ciencias con mención en ingeniería geotécnica en Lima, Perú. Titulado “Diseño de mezcla de concreto compactado con rodillo utilizando conceptos de compactación de suelos”. En esta investigación se pudo concluir que el concreto compactado con rodillo cumple con los requisitos mínimos para implementarse en construcciones de represas y vialidad. Pero la misma tiene un enfoque netamente referido al uso de concreto compactado con rodillo para la construcción de presas.

Debido a que la investigación tiene un enfoque particular desde la filosofía de suelos esta determinar que el mismo es un agregado de buena calidad enriquecido con cemento compactado hasta su máxima densidad, realizaron estudios de laboratorio con equipos típicamente utilizados para compactación de suelos en estudios geotécnicos adaptados a la realización de probetas de concreto. Los resultados fueron satisfactorios en esta investigación ya que dicha mezcla puede ser utilizada para la realización de presas pequeñas

Villeda J (2014). Realizo su trabajo de tesis para Universidad San Carlós de Guatemala titulado “Diseño de investigación para concreto compactado con rodillo (CCR), proceso constructivo y norma de regulación, como alternativa de pavimentación para carretera en Guatemala”. Esta investigación busca mostrar el concreto compactado con rodillo como una alternativa para pavimentar gran parte de las carreteras de Guatemala mostrando todos los parámetros que se deben

cumplir y respetar para obtener un buen diseño de mezcla con la relación agua cemento requerida para cumplir con el objetivo de un concreto de máxima resistencia para ser utilizado en carreteras.

Dichas investigaciones cumple con aportar información relevante para el presente trabajo de grado, en lo referente al diseño de mezcla para concreto con bajo contenido de cemento compactado con rodillo y su uso en pavimento rígido, para lograr establecer el diseño de mezcla más conveniente variando los contenidos de cemento entre 60 y 360 kg/m<sup>3</sup> con requerimiento del agua es muy pequeño y normalmente la humedad de los agregados puede ser suficiente, cuya mezcla debe tener la capacidad de soportar un rodillo vibratorio para su proceso de compactación cuyas propiedades del CCR endurecido son similares a las de un concreto convencional.

## **2.2 Bases teóricas**

Las bases teóricas está conformado por los soportes técnicos de la investigación lo cual se hace prudencialmente ordenado y sistemático lo cual permitirá sustentar teóricamente el estudio.

Arias (2004) define las bases teóricas coma aquellas que “implican un desarrollo amplio de los conceptos y proposiciones que conforman el punto de vista o enfoque adoptado, para sustentar o explicar el problema planteado”. (p. 69), donde la base fundamental de esto es contar con una serie de herramientas que sustenten la elaboración de un estudio a través de recursos bibliográficos apoyado en fundamentos teóricos o referencias del este tema.

En este sentido las bases teóricas considerados en el presente estudio se orientaron en los siguientes asuntos: el cemento portland, el concreto y su estructura, componentes del concreto: cemento, áridos, agua, aditivos características del concreto, clasificación y tipos de concreto, propiedades mecánicas del concreto, diseño de mezcla, uso aditivos para el concreto, concreto

compactado con rodillo, características, método de diseño de mezcla compactado con rodillo y finalmente los ensayos de la resistencia del concreto siguiendo lo establecido en las Normas Venezolana a continuación describen cada uno de estos aspectos:

### **2.2.1 Concreto u hormigón**

Neville y Brooks (2012) lo definen como “ material compuesto empleado en construcción, formado esencialmente por un aglomerante al que se añade partículas o fragmentos de un agregado, agua y aditivos específicos”, razón por la cual es un material resistente, es decir es un aglomerante hidráulico que al ser mezclado con una serie de agregados crea una mezcla uniforme, manejable y plástica, la cual es capaz de fraguar y endurecer al reaccionar con el agua adquiriendo por ello consistencia pétreo, donde el material aglomerante más utilizado es el cemento, quien al ser mezclado con agua adquiere características maleables y adherentes.

### **2.2.2 Cemento**

Neville y Brooks (2012) indican que, el cemento es un conglomerante hidráulico que, convenientemente al unirse con agua, se forma una pasta que fragua y endurece a cauda de las reacciones de hidrolisis e hidratación de sus constituyentes, dando lugar a productos hidratados mecánicamente resistentes y estables tanto al aire como bajo agua. (pág. 134)

Por lo cual el cemento es el elemento activo del mortero e influye en todas las características de esta mezcla, permitiendo con una cantidad apropiada de agua formar una pasta que fragua, lo cual genera al mortero endurecido resistencia y durabilidad. Su elaboración se realiza en plantas industriales de gran capacidad, en donde debe ser controlado estrictamente, lo que redundo en su calidad y en la confiabilidad que sobre él pueda tener el usuario.

El cemento más frecuentemente usado es del tipo portland, el cual, en palabras de Porrero y otros (1996) “...es una especie de cal hidráulica

perfeccionada. Hidráulica quiere decir que tiene capacidad para endurecer tanto al aire como bajo el agua, sin la colaboración del anhídrido carbónico, como sucedía en las primitivas cales.” El cemento, se produce haciendo que se combinen materias de carácter ácido (sílice y alúmina), provenientes de arcillas, con otras de carácter básico (cal), aportadas por calizas. Esta reacción tiene lugar entre materias primas, finamente molidas, calentadas en hornos a temperaturas de redifusión.

Este material que sale del horno de la fábrica de cemento y que llamamos Clinker, son trozos redondos, de mayor o menor tamaño, formados por conglomerados debido a la redifusión a que estuvo sometido el polvo en las materias primas iniciales.

Porrero y otros (1996) señala que dentro de un mismo tipo y clase de cemento es posible que haya una gama de calidades que dependen de las características de las materias primas y de los detalles el proceso de fabricación, pero los resultados finales de los ensayos deben cuadrar dentro de los límites de variabilidad que prescriben las especificaciones normativas.

### **2.2.3 Clasificación de los cementos según la norma ASTM C 150**

Estas normas clasifican el cemento considerando su tipo, nombre y aplicación las cuales se describen a continuación:

#### **Cemento Normal 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.

### **Cemento Portland 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, generando 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.

### **Cemento Portland 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.

### **Cemento Portland 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 hierro 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.

### **Cemento portland Tipo V**

Es un cemento de alta resistencia a los sulfatos, ideal para obras que estén expuestas al daño por sulfatos. Este cemento se fabrica mediante la molienda conjunta de Clinker Tipo V (con bajo contenido de aluminato tricálcico <5%) y yeso. Ideal para losas, tuberías y postes de concreto en contacto con suelos o aguas con alto contenido de sulfatos.

### **2.2.4 Agua**

El agua es el segundo componente fundamental del concreto donde su calidad debe ser sumamente importante para no producir alteraciones en la hidratación del cemento, evitar manchas en la superficie, retraso en el fraguado y en su endurecimiento, ni permitir reducciones en su resistencia o afectar su durabilidad, por estas razones se debe evaluar si es conveniente su uso para el mezclado y curado del concreto.

El agua en el hormigón es tan importante como el cemento y es el material de más bajo costo, debe cumplir con algunas normas de calidad para ser utilizada al hacer un hormigón, puesto que si no es agua limpia, puede producir modificaciones en las propiedades del concreto.

Para Navarro (2011) destaca que el agua desempeña dos roles en su calidad de componente del concreto, el primero es que participa en el proceso de hidratación del cemento, la cual no puede tener lugar sin su presencia y luego otorga la

trabajabilidad necesaria del concreto siendo determinante para definir su fluidez. En consecuencia, es un componente fundamental del concreto, ya que su presencia condiciona tanto el desarrollo de las propiedades en estado fresco, como en la etapa de endurecimiento.

La cantidad de agua debe ser la estrictamente necesaria, pues la sobrante que no interviene en la hidratación del cemento se evaporara y creara huecos en el hormigón disminuyendo la resistencia del mismo. Puede estimarse que cada litro de agua de amasado de exceso supone anular dos kilos de cemento en la mezcla. Sin embargo una reducción excesiva de agua originaria una mezcla seca, poco manejable y muy difícil de colocar en obra.

Igualmente se indica que el agua tiene dos diferentes aplicaciones: como ingrediente en la elaboración de las mezclas y como medio de curado de estructuras recién construidas, en el caso de agua de mezclado:

- Participa en las reacciones de hidratación del cemento.

- Confiere a la mezcla la trabajabilidad necesaria para su puesta en obra.

- La cantidad de agua de mezclado debe limitarse al mínimo estrictamente necesario.

- El agua en exceso se evapora y crea una serie de huecos en la mezcla, disminuyendo su resistencia.

- Un déficit de agua de mezclado origina masas pocos trabajables y de difícil colocación en obra.

- En el segundo caso, se emplea exteriormente cuando el motero o concreto se cura con agua, y su objeto es:

- Evitar la desecación.

- Mejorar la hidratación del cemento.

-Impedir una retracción prematura.

Aunque en estas aplicaciones las características del agua tienen efectos de diferentes importancias, es usual que se recomiende emplear de una sola calidad para ambos casos. Cualquier sustancia dañina que contenga el agua, aun sea en proporciones reducidas, puede tener efectos adversos significativos en las mezclas. Se debe ser más estricto en la aptitud de un agua para curado que en la de un agua para mezclado, debido a:

Lo más recomendable es emplear el agua de la red de agua potable, es decir, agua limpia y pura, libre de partículas en suspensión, materia orgánica o sales disueltas, las sales producen expansión en el concreto, por ello para la elaboración de los frisos debe evitarse el agua de mar y todas aquellas aguas que contengan sales.

### **2.2.5 Agregados**

Para Porrero y Grases (2004) Los agregados, son materiales de forma granular de origen natural o artificial y es de suma importancia ya que constituyen aproximadamente tres cuartas partes entre el 70-85% de su peso, y definen los agregados como“ fragmentos o granos, usualmente pétreos, cuyas finalidades específicas 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. Los agregados componen la mayor parte de la masa del concreto, ya que alcanza a representar entre el 70% y el 85% de su peso, razón por la cual las propiedades de los inertes resultan tan importantes para la calidad final de la mezcla”.(p.250)

Por su tamaño los agregados se clasifican en agregados finos y gruesos seguidamente describiremos los mismos:

**-Agregados Finos: Arena.**

Según Porrero y Grases (2004) como agregados finos a todas las partículas que pasan el tamiz # 4. Según la norma ASTM C33-03 en los agregados finos son aquellos gradados dentro de los límites que se indican (ver cuadro1)

**Cuadro 1.** Gradacion de agregados Finos

TAMIZ	PORCENTAJE PASANTE
9,5 mm ( <sup>3</sup> / <sub>8</sub> "	100
4,75 mm (#4)	95 A 100
2,36 mm (#8)	80 A 100
1,18 mm (#16)	50 A 85
600 µm (#30)	25 A 60
300 µm (#50)	5 A 30
150 µm (#100)	0 A 10

Fuente: ASTM C33-03

Además la norma ASTM C33-03, plantea que los agregados finos no deben tener más del 45% del pasante entre dos tamices consecutivos, y el módulo de finura debe encontrarse entre 2,1 y 2,3.

- **Agregados Gruesos:** Grava o Piedra.

Todas las partículas retenidas en el tamiz # 4, se clasifican como agregado grueso. (Bresler, 1981) La Norma COVENIN 265-1998, define como agregado grueso aquel que pasa el cedazo COVENIN 9,51mm (3 /8").

Las partículas deben ser químicamente estables y estar libres de escamas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas. (Ver cuadro2)

**Cuadro 2.** Límites de los porcentajes que pasan los (2) cedazos de abertura cuadrada

<b>Piedra</b>													
<b>picada ó</b>	<b>5</b>	<b>4,0</b>	<b>0,8</b>	<b>8,1</b>	<b>5,4</b>	<b>9,0</b>	<b>2,7</b>	<b>,51</b>	<b>,35</b>	<b>,76</b>	<b>,38</b>	<b>,19</b>	<b>95</b>
<b>grava</b>	<b>m</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>	
<b>COVENI</b>	<b>m</b>	<b>(2</b>	<b>(2"</b>	<b>(1</b>	<b>(1"</b>	<b>(3/4"</b>	<b>(½"</b>	<b>(3/8"</b>	<b>(1/4"</b>	<b>(N°</b>	<b>(N°</b>	<b>(N°</b>	
<b>N</b>	<b>(3</b>	<b>½"</b>		<b>½"</b>		<b>)</b>		<b>)</b>	<b>)</b>	<b>4)</b>	<b>8)</b>	<b>16)</b>	
	<b>)</b>												

#### **-Arenas de mina:**

Son obtenidas de la explotación de yacimientos naturales. Son las más utilizadas, sometiéndose después de su extracción tan solo a una operación de cernido que elimina las partículas mayores que el tamiz N° 4. Esta arena presenta cierta cantidad de arcillas y otras impurezas, que pueden afectar la resistencia, pero puede ser ventajosa al aumentar la trabajabilidad del mortero, lo cual permite la colocación de las capas del revestimiento con mayor facilidad.

#### **-Arenas manufacturadas:**

Se obtienen del molido de piedras, por medios mecánicos especiales, y son procesadas para asegurar una finura apropiada de los granos, así como una buena gradación. Esta arena no es la más utilizada para frisos ya que son preferibles materiales que se encuentren en estado natural y que no requieran procesos de trituración que aumentan los costos por metro cúbico. (p.300), la granulometría determinada debe estar comprendida entre los límites que se indican a continuación (Ver cuadro 3).

**Cuadro 3.** Límites en la granulometría

<b>Cedazos COVENIN</b>	<b>Porcentaje que pasa</b>
9,51 mm; (3/8")	100
4,76 mm; (#4)	85 – 100
2,38 mm; (#8)	60 – 95
1,19 mm; (#16)	40 – 80
	20 – 60
	8 – 30
	2 – 10

**Fuente:** Norma venezolana COVENIN 277:2000 Concretos. Agregados. Requisitos (p – 4) por Fondo Norma.(2000)

## 2.2.6 Propiedades de los agregados

### - Módulo de Finura

Para Porrero y Grases (2004) Se denomina módulo de finura de las arenas a un parámetro que se obtiene sumando los porcentajes retenidos acumulados en los cedazos de la serie normativa y dividiendo la suma entre 100. En cierto modo, este valor es representativo de la finura de la arena; se considera que el módulo de finura adecuado de una arena para producir concreto dentro de una granulometría aceptable, debe estar entre 2,3 y 3,1 donde un valor menor de 2,0 indica una arena fina, 2,5 una arena media y más de 3,0 una arena gruesa. (p. 71)

A continuación se presentan los valores de finura (ver cuadro 4)

**Cuadro 4.**Enumeración de los cedazos para calcular el módulo de finura

<b>Cedazo</b>	#100	#50	#30	#16	#8	#4	#3/8	#3/4
<b>Módulo</b>	1	2	3	4	5	6	7	8

**Fuente:** Manual del Concreto Estructural. Porrero y otros (2004) (p. 72)

Estos son los diferentes cedazos establecidos por la norma COVENIN 273-1998 para determinar el módulo de finura del agregado fino, los mismos se van colocando de abajo arriba en orden comenzando por el número 100 y terminando con el número 3/4".

### -Peso Específico

Para Porrero y Grases (2004) “En el peso del volumen absoluto de la materia sólida del agregado, sin incluir huecos entre granos (Normas COVENIN 268 y COVENIN 269). Se usa para establecer la condición de volumen en ciertos métodos de diseño de mezcla.” (p. 81). (Ver cuadro 5)

**Cuadro 5.**Valores usuales de las relaciones peso/volumen de los agregados no livianos

<b>Propiedad</b>	<b>Gruesos</b>	<b>Arena</b>
Peso unitario suelto (kgf/litro)	1,4 a 1,5	1,5 a 1,6
Peso unitario compacto (kgf/litro)	1,5 a 1,7	1,6 a 1,9
Densidad (peso específico)	2,5 a 2,7	2,5 a 2,7

**Fuente:** Manual de Concreto Estructural. Porrero y otros (2004) (p.81).

Este cuadro indica los rangos que deben existir en pesos unitarios y específicos para los agregados fino y grueso, donde se puede observar que en peso específico son sustancialmente el mismo valor, variando solamente en los pesos unitarios.

### **2.2.7 Aditivos**

Según Porrero y Grases (2004) son productos químicos que se añaden en pequeña proporción a los principales componentes de los morteros o concretos durante su mezclado, con el propósito de modificar algunas de las propiedades de las mezclas en estado fresco o en estado endurecido.

Hoy en día cuando en el mundo se conoce de superestructuras como, rascacielos, puentes, grandes represas y tanques de agua se evidencia que para lograr construir estas estructuras fueron necesariamente utilizados aditivos y así cumplir con las especificaciones mínimas de resistencia. Desde unos 20 años que se han venido desarrollando estos productos que en un principio no daban confianza ya que alteraban en forma negativa las características del concreto, pero con los adelantos tecnológicos se ha logrado tener un grado de confiabilidad sin precedentes. Sin embargo continuamente se siguen desarrollando los aditivos a nivel

mundial y es por ello que hay que seguir evaluando la efectividad de los aditivos. Algunas de las razones para el uso de aditivos en el concreto pueden ser:

-Reducir sus costos en la construcción ya que los aditivos permiten el uso de procedimientos constructivos menos costosos.

-Ser un medio factible para alcanzar las características deseadas en la mezcla tanto en estado fresco como en estado endurecido.

-Reducir costos de materiales ya que en determinados casos con el uso de aditivos se requieren menores dosis de alguno de los componentes de la mezcla de concreto. (p .234)

### **2.2.8 Clasificación de los aditivos**

Según la norma COVENIN 356:1994.

#### **-Tipo A: Reductores de agua:**

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

**-Tipo B: Retardadores:** Son aquellos que retardan el fraguado del concreto.

#### **-Tipo C: Aceleradores:**

Son aquellos que aceleran el fraguado y el desarrollo de la resistencia inicial del concreto.

#### **-Tipo D: Reductores de agua y retardadores:**

Son aquellos aditivos que reducen al menos 5% la cantidad de agua de mezclado requerida para producir un concreto de una consistencia igual a la mezcla de referencia, que retardan el fraguado e incrementan su resistencia.

**-Tipo E: Reductores de agua y aceleradores:**

Son aquellos aditivos que reducen al menos 5% la cantidad de agua de mezclado requerida para producir un concreto de una consistencia igual a la mezcla de referencia, acelerando el fraguado y el desarrollo de la resistencia inicial y final del mismo.

**-Tipo F: Reductores de agua de alto rango:**

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

**-Tipo G: Reductores de agua de alto rango retardadores:**

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

**-Tipo H: Reductores de agua de alto rango aceleradores:**

Son aquellos aditivos que reducen al menos un 15% de agua de mezclado requerida para producir un concreto de una consistencia igual a la mezcla de referencia, acelerando el desarrollo de la resistencia inicial y final del mismo

**2.2.9 Propiedades del concreto en Estado Endurecido:**

Son muchas las propiedades del concreto que interesan y pueden ser críticas. No solo por su relación con el manejo del concreto en estado húmedo, sino porque pueden servir como señal anticipada de la propiedades que pueda tener el material al endurecer posteriormente, razón por la cual el comportamiento del concreto fresco depende de: sus componentes, de las características del mezclado, de su diseño, del medio ambiente circundante y de las condiciones de trabajo.

Entre las propiedades más importantes se destacan la trabajabilidad, cohesividad, resistencia y la durabilidad

## - **Trabajabilidad**

Esta palabra se emplea con dos acepciones distintas. Una general, con la cual se designa el conjunto de propiedades del concreto que permite manejarlo sin que se produzca segregación, colocarlos en los moldes y compactarlos adecuadamente. La otra acepción es específica para designar el asentamiento medido por el procedimiento normalizado de Abrams. Esta segunda acepción es discutible porque, en realidad, el ensayo es parcialmente representativo del conjunto de propiedades representativas.

En la preparación de la mezcla de concreto es muy importante que la combinación cemento/agregados y su relación con el agua, sean las adecuadas para lograr las propiedades fundamentales de la mezcla, primero en estado fresco la consistencia y luego en estado endurecido la resistencia.

El asentamiento puede variar entre 2 y 18 cm, según sea el tipo de elemento estructura, los valores de resistencia deseados a los 28 días y la colocación.

La Norma Venezolana COVENIN 339:2003 Concreto. Método para la medición del asentamiento con el cono de Abrams (2003) señala que el procedimiento es el siguiente:

-Se humedece el interior del molde y se coloca sobre una superficie horizontal rígida, plana y no absorbente (se recomienda una lámina metálica que garantice las condiciones anteriores). El molde se sujeta firmemente por las aletas con los pies y se llena con la muestra de concreto, vaciando ésta en tres capas, cada una de ellas de un tercio del volumen del molde. Estos volúmenes corresponden respectivamente a las alturas de 6.5 cm y 15 cm a partir de la base.

-Cada capa se compacta con 25 golpes de la barra compactadora, distribuidos uniformemente en toda la sección transversal. Para la capa inferior es necesario inclinar ligeramente la barra y dar aproximadamente la mitad de los golpes cerca del perímetro, acercándose progresivamente en espiral hacia el centro de la sección.

Esta capa debe compactarse en todo su espesor, las capas siguientes se compactan, en su espesor respectivo de modo que la barra penetre ligeramente en la capa inmediata inferior.

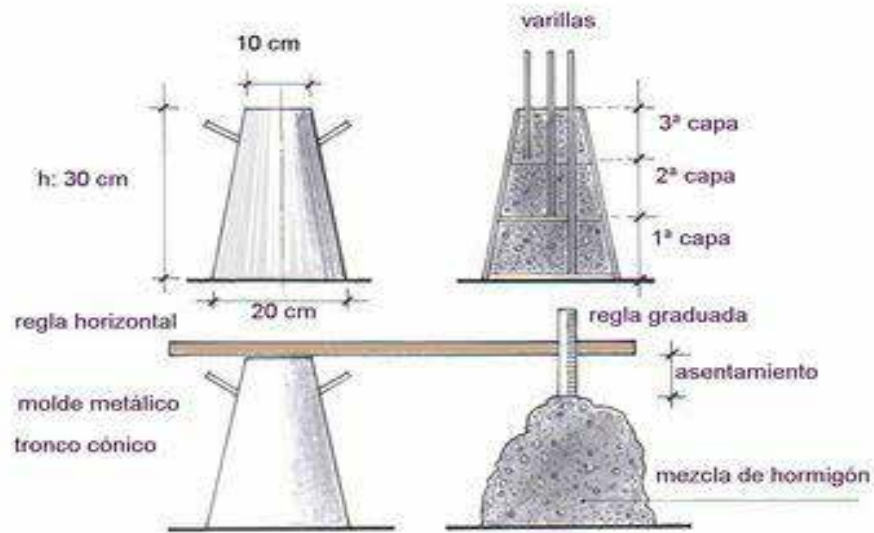
-El molde se llena por exceso antes de compactar la última capa. Si después de compactar, el concreto se asienta por debajo del borde superior, se agrega concreto hasta lograr un exceso sobre el molde. Luego se enrasa mediante la barra compactadora o una cuchara de albañilería. Inmediatamente se retira el molde alzándolo cuidadosamente en dirección vertical. Deben evitarse los movimientos laterales o de torsión. Esta operación debe realizarse en un tiempo aproximado de 5 a 10 segundos.

-La operación completa desde que se comienza a llenar el molde hasta que se retira, debe hacerse sin interrupción y en un tiempo máximo de 1 min 30 s.

-El asentamiento se mide inmediatamente después de alzar el molde y se determina por la diferencia entre la altura del molde y la altura promedio de la base superior del cono deformado (véase Fig. 1).

-En caso de que se presente una falla o corte, donde se aprecie separación de una parte de la masa, debe rechazarse el ensayo, y se hace nuevamente la determinación con otra parte de la mezcla.

-Si dos ensayos consecutivos sobre una misma mezcla de concreto arrojan el resultado de 5.6, el concreto probablemente carece de la plasticidad y cohesión necesaria para la validez del ensayo.(p.1), (ver figura 1)



.Ensayo de consistencia con Cono de Abrams.

Fuente: [http://www.construmatica.com/construpedia/Cono\\_de\\_Abrams](http://www.construmatica.com/construpedia/Cono_de_Abrams)

## - La cohesividad

Se define como aquella propiedad gracias a la cual es posible controlar la posibilidad de segregación durante la etapa de manejo de la mezcla, al mismo tiempo que contribuye a prevenir la aspereza de la misma, y facilitar su manejo durante el proceso de compactación del concreto. Ahora bien, los componentes del concreto son físicamente heterogéneos: líquido (agua), polvo (cemento y arena), fragmentos de piedra y una pequeña fracción de aire, cuya mezcla tiene la natural tendencia de separarse unos de los otros.

La separación del agua de los restantes componentes de la mezcla cuando queda flotando sobre el material recién colocado se conoce como exudación o sangrado y tiene su propio desarrollo evolutivo. Por otro lado la tendencia a separarse los granos gruesos del mortero, lo que se conoce como segregación, depende de la viscosidad y de la tixotropía, y se relaciona con la cantidad y el tamaño de los granos. Cuando se añade agua discriminadamente a la mezcla se

produce un daño directo a la resistencia mecánica, favorece a la aparición de grietas por retracción y le quita defensas al concreto para lograr durabilidad, aparte de que hace a la mezcla propensa a la segregación.

#### - **Resistencia Mecánica:**

Las resistencias a la compresión y a la flexión son las propiedades mecánicas más importantes que se evalúan en los morteros, llegando a constituir una de ellas, la resistencia a compresión, un requisito esencial que tiene que cumplir cualquier tipo de mortero, y que además sirve para llevar a cabo su clasificación.

Se puede afirmar que los factores que tienen influencia en las resistencias son muy numerosos, abarcando desde de los distintos tipos y calidades de los componentes empleados, las dosificaciones, las formas de ejecución, las condiciones de curado, etc., hasta el evidente factor de la edad. Es recomendable que el mortero posea resistencias relativamente bajas, de modo que las retracciones que ocurren durante el fraguado y el secado se distribuyan uniformemente y no se generen grietas, las cuales son características de los morteros de altas resistencias.

#### - **Resistencia a la Compresión**

La resistencia se mide partiendo probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión, por lo tanto la resistencia calcula a partir de la carga de ruptura dividida entre el área de la sección que resiste a la carga y se reporta en  $\text{Kgf/cm}^2$ .

Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión se usan fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada,  $f'_c$ , del proyecto. Los resultados de las pruebas de resistencia a partir de cilindros moldeados se pueden utilizar para fines de control de calidad, aceptación del concreto o para estimar la

resistencia del concreto en estructuras, para programar las operaciones de construcción, tales como remoción de cimbras o para evaluar la conveniencia de curado y protección suministrada a la estructura.(p.45-48)

- **Resistencia a la flexión del concreto**

Es una medida de la resistencia a la tracción del concreto (hormigón), es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada. Se mide mediante la aplicación de cargas a vigas de concreto de 6 x 6 pulgadas (150 x 150 mm) de sección transversal y con luz de como mínimo tres veces el espesor. La resistencia a la flexión se expresa como el Módulo de Rotura (MR) en libras por pulgada cuadrada (MPa) y es determinada mediante los métodos de ensayo ASTM C78 (cargada en los puntos tercios) o ASTM C293 (cargada en el punto medio).

- **Durabilidad**

La ACI define la durabilidad del concreto de cemento Pórtland como la habilidad para resistir la acción del intemperismo, el ataque químico, abrasión, y cualquier otro proceso o condición de servicio de las estructuras, que produzcan deterioro del concreto. (Ref. 12.1 y 12.2).La conclusión primordial que se desprende de esta definición es que la durabilidad no es un concepto absoluto que dependa sólo del diseño de mezcla, sino que está en función del ambiente y las condiciones de trabajo a las cuales lo sometamos.

En este acápite delinearemos los factores que influyen en el deterioro del concreto y consecuentemente en la durabilidad, los cuales se clasifican en 5 grupos. (Ref. 12.4)

I. Congelamiento y descongelamiento (Freezing Thawing)

II. Ambiente químicamente agresivo

III. Abrasión

IV. Corrosión de metales en el concreto

V. Reacción químicas en los agregados

Cabe destacar que el concreto también presenta otras propiedades que son:

- **La Adherencia:**

La definición más sencilla e intuitiva de adherencia, es la que considera a ésta como una propiedad que poseen los morteros para unirse a los materiales con los cuales están en contacto (ladrillo, piedra, hormigón, etc.)

Esta propiedad se determina por un ensayo de arrancamiento directo perpendicular a la superficie del mortero. La falta de adherencia de los morteros sobre la superficie de contacto, es fuente de dos graves patologías: los abolsamientos y los desprendimientos. Los primeros son ahuecamientos que se producen en las paredes revestidas como consecuencia, fundamentalmente, de la falta de adherencia entre el revestimiento y la superficie. El paso siguiente a éstos, serían los desprendimientos..

La adherencia depende principalmente del tipo de mortero, de la clase de soporte y de la mano de obra en la ejecución, aunque son también factores a considerar las condiciones de curado, el grado de humidificación del soporte, la edad, etc. Existen dos tipos adherencia: la química y la física-mecánica.

- **La Retracción:**

Es el proceso de reducción de volumen que sufren las pastas, morteros y hormigones, antes, durante y después del fraguado o, a lo largo del proceso de secado, al ser expuestos a las condiciones atmosféricas. La retracción es un fenómeno, que aparece fundamentalmente como resultado de la pérdida de agua que sufren los morteros y cuando alcanza cierta magnitud, llega a producir grietas en el material, deteriorándolo o destruyéndolo. El tipo y magnitud de estas variaciones están afectados en forma importante por las condiciones ambientales existentes de

humedad y temperatura y también por los componentes presentes en la atmósfera. La variación de volumen derivadas de las condiciones de humedad se denomina retracción hidráulica, y las que tienen por causa la temperatura, retracción térmica. La disminución de formación de fisuras de retracción en un mortero se puede conseguir mediante múltiples métodos:

- Evitando la utilización de relaciones a/c elevadas.
- Realizando un buen curado.
- Mediante la adición de retenedores de agua.
- Mediante la adición de fibras.
- Mediante la adición de cal a los morteros de cemento.

- **Reología del concreto:**

Bajo este término se agrupa el conjunto de características de la mezcla fresca que posibilitan su manejo y posterior compactación. Desde el punto de vista físico, estas características dependen de las variaciones de la viscosidad y de la tixotropía de la mezcla a lo largo del tiempo. En la práctica se define la Reología del concreto con base en tres características: fluidez, compactibilidad, estabilidad a la segregación.

- **Compactibilidad:**

Cuando la mezcla es vibrada se hace más fluida y puede así distribuirse más uniformemente; en el caso de los ensayos en el laboratorio para la compactación se utiliza una barra de acero lisa de 16 mm de espesor y de 600 mm de largo, envolviendo bien las armaduras y ocupando todas las sinuosidades del encofrado. Esta propiedad se conoce como tixotropía y es la característica que permite la compactibilidad de la mezcla y su adaptación al molde.

- **Permeabilidad:**

La permeabilidad de un concreto es la cualidad de ser pasado o traspasado por el agua u otro fluido, si bien el concreto parece impermeable no lo es y está influenciado por varias otras propiedades: Porosidad, características del concreto, puesto en obra, relación Agua-Cemento.

**2.2.8 Mezcla**

Martínez (2012) indica que una mezcla es un material formado por dos o más componentes unidos, pero no combinados químicamente. En una mezcla no ocurre una reacción química y cada uno de sus componentes mantiene su identidad y propiedades químicas. No obstante, algunas mezclas pueden ser reactivas, es decir, que sus componentes pueden reaccionar entre sí en determinadas condiciones ambientales, como una mezcla aire-combustible en un motor de combustión interna. (p.48)

**2.2.9 Diseño de Mezcla**

Porrero y Grases (1996) definen que el diseño de una mezcla es el procedimiento que permite calcular las cantidades que debe haber de todos y cada uno de los componentes de una mezcla, para obtener de ese material el comportamiento deseado en estado plástico como en los aspectos de resistencia y durabilidad. Para el diseño de mezclas no se suele emplear fórmulas de carácter general, la razón de ello se debe en gran parte, a la variabilidad de los agregados.

Son numerosas y difíciles de precisar las variables que condicionan la calidad y el comportamiento del mortero. De acuerdo con el criterio de Porrero y otros (1996) en el diseño y en la preparación de la mezcla se debe tener en cuenta:

La Capacidad de absorción de agua, hace que el peso del agregado sea variable, según su contenido de humedad. Es habitual dosificar a los agregados por volumen, usándolos en condición saturada para que no absorban parte del agua de la mezcla. Si se usan agregados secos hay que tener

información sobre la capacidad de absorción, para poder calcular con precisión la cantidad de agua necesaria para que no se atiese la mezcla, ni en el momento de mezclado, ni durante el transporte o la colocación. (p.356)

#### **2.2.10 Parámetros Estadísticos**

Porrero y Grases (1996) indican que la estadística constituye la herramienta más adecuada y útil que se dispone para el control de calidad, la cual permite condensar los datos obtenidos y presentarlos de forma probabilística de manera que sean fácilmente comprensibles y comparables. Sin embargo la estadística no toma decisiones, las cuales tienen que basarse en criterios de otra índole, debido a que ésta sólo expresa la probabilidad de que se alcancen ciertos límites para establecer un criterio uniforme en el análisis de resultados. Lo importante es que una vez decididos estos límites de calidad, los mismos se mantengan invariables en todas las circunstancias, lo cual permitirá una referencia segura a qué atenerse.(p.330)

#### **2.2.11 Datos de entrada para el diseño de mezcla**

Porrero y Grases (2004) indica que en las mezclas hay que tener en cuenta las variables tomadas en cuenta dentro del diseño, probablemente una de las variables sea común dentro de todos los métodos debido a que son de suma importancia, las restantes establecen la diferencia entre cada método. La información básica del método está constituida por los datos de entrada, gracias a ellas se puede llegar a la dosificación esperada.

Los Datos de entrada son:

- Lugar de la obra, o condiciones ambientales.
- Tipo de obra, o parte de la estructura.
- Tipo de agregados y tipo de cemento.
- Resistencia de diseño o algún dato relacionado.

El asentamiento es considerado en algunos métodos como dato de entrada, mientras que en otro se selecciona de alguna tabla, con relación al tipo de elemento estructural al que se destine la mezcla próxima a diseñar.(p.150)

### **2.2.12 Concreto compactado con rodillo:**

Para Aguirre (2014) El concreto compactado con rodillo es un concreto de consistencia seca, asentamiento cero, que se coloca de forma continua y su captación se realiza con un rodillo normalmente vibrante, el cual posee un bajo contenido de cemento (de 80 a 100 kg por metro cúbico, según experiencias internacionales), presencia opcional de puzolanas, relación de agua-cemento muy baja y buena graduación de agregados con un tamaño máximo del orden de 2 pulgadas (38 mm) que generalmente se mezclan en plantas de proceso continuo, transportándose y colocándose con equipos para movimientos de tierras, en capas del orden de 15 centímetros y sometiendo cada capa a compactación con equipo vibratorio y neumático en algunos casos, si las especificaciones de proyecto lo marcasen.

De esta manera el concreto compactado con rodillo difiere del concreto convencional principalmente por su consistencia requerida. Para la consolidación efectiva, la mezcla de concreto debe ser lo suficientemente seca para prevenir el hundimiento de los equipos de rodillo vibratorio, pero lo suficientemente húmeda para permitir la adecuada distribución del mortero conglomerante en el concreto durante el mezclado y la operación de la compactación vibratoria, cuyas particulares son: cero asentamientos, humedad sola para que el cemento reaccione, no requiere encofrados y se consolida con rodillos vibratorios.

### **2.2.13 Características generales del concreto compactado con rodillo**

Igualmente Martínez (2010) establece que el concreto compactado con rodillo es conocido comúnmente como una mezcla de concreto de cemento portland de cero revenimiento.

La técnica de concreto compactado con rodillo no utiliza dovelas, acero de refuerzo ni formaletas.

La relación agua-cemento, comparada con el concreto convencional, presenta valores bajos.

Puesta en obra con la maquinaria utilizada para gravas-cemento o con la utilizada para pavimentos asfáltico.

#### **2.2.14 Materiales para el concreto compactado con rodillo**

Los materiales que se utilizan en el concreto compactado con rodillo son los mismos utilizados en el concreto tradicional, es decir:

Grava, Arena, Cemento, Agua y Aditivo retardador.

#### **2.2.15 Equipo y ensayo de laboratorio**

Para lograr un diseño de mezcla con un control de calidad durante la construcción, se utiliza equipo de laboratorio y procedimientos de ensayo estandarizados por organizaciones reconocidas, como ASTM (Norma internacional que desarrolla y publica acuerdos voluntarios de normas técnicas para una amplia gama de materiales, productos, sistemas y servicios) entre los equipos de laboratorio se encuentran el consistómetro vebe, martillo y moldes para ensayo de compactación de suelos, mesa vibratoria para la elaboración de especímenes de vigas y cilindros.

#### **2.2.16 Métodos de diseño de mezcla compactado con rodillo**

Se han desarrollado una serie de métodos para la dosificación de las mezclas empleadas en el concreto compactado con rodillo es por ello que Baños, Flores y Santos (2012) que la mezcla de concreto compactado con rodillo se debe seguir diferentes métodos para su realización los cuales se especifican de manera detallada considerando la dosificación, curado, las técnicas:

### **Dosificación por ensayo de consistencia**

Este método está basado en el análisis de la trabajabilidad de la mezcla para concreto compactado con rodillo, de tal manera que esta puede ser lo suficientemente seca para soportar el peso del equipo de compactación, y lo suficientemente húmeda para permitir una adecuada distribución de la pasta en toda la mezcla durante las operaciones de mezclado y compactación. El equipo de laboratorio utilizado para dicho análisis es el consistómetro vebe, el cual está compuesto por una mesa vibratoria de frecuencia y amplitud fija y contenedores metálicos de volumen conocido.

El objetivo de los ensayos de laboratorio es medir el tiempo de vibración en segundos, requerido para consolidar la mezcla completamente. La norma de ensayo utilizada es ASTM C 1170.

### **Dosificación por ensayos de compactación por impacto**

Este método está basado en la pérdida de resistencia en una mezcla para concreto compactado con rodillo, que puede ocurrir por un contenido de humedad arriba o debajo de valor óptimo, debido a la variación en la relación agua-cemento. El objetivo del método es establecer el valor del contenido óptimo de agua y de la densidad máxima para la mezcla de concreto compactado con rodillo, utilizando el método de ensayo ASTM D 1557. Los valores obtenidos pueden utilizarse durante la construcción de la capa de concreto compactado con rodillo, con el objeto de verificar el grado de compactación de la misma.

Una vez determinado el contenido de humedad óptimo de la mezcla, se realizan variaciones en las proporciones de cemento, hasta seleccionar el contenido de cemento con el cual se alcance la resistencia requerida. Los procedimientos realizados para la elaboración de los especímenes de ensayo, frecuentemente involucran el empleo de la mesa vibratoria o el procedimiento descrito en ASTM D 1557.

El diseño de la mezcla se basó en la dosificación por ensayos de compactación por impacto, tomando en cuenta lo siguiente:

Determinación de la mejor relación de arena / agregados de la mezcla.

Obtención del contenido óptimo de agua en la mezcla para alcanzar la compactación de diseño.

Determinación del contenido óptimo de cemento en la mezcla para alcanzar la resistencia mínima especificada.

Verificación de los resultados.

Para ello se elaboraron especímenes de cilindros y vigas. Los especímenes de ensayo fueron elaborados utilizando una mesa vibratoria, con sobrecargas de Método de mezclas a la compresión.

Estos métodos emplean, para obtener la composición óptima árido, husos granulométricos establecidos previamente. Estos usos incluyen desde un tamaño máximo de 80 a 50 mm, hasta finos menores de 80 micras, y a partir de ellos va variando el contenido de productos cementicios de la mezcla. El mínimo contenido que proporcione la resistencia requerida por el proyecto, con la trabajabilidad adecuada para su puesta en obra será el adoptado.

Secuencia de construcción y transporte de la mezcla para concreto compactado con rodillo a la producción de la mezcla para concreto compactado con rodillo se lleva a cabo en plantas dosificadoras. Las plantas dosificadoras debe ubicarse tan cerca como sea posible del lugar donde se construye el pavimento.

La mezcla es transportada por transporte de volteo o camiones mezcladores.

Humidificación de la superficie de apoyo.

Es colocado con pavimentadoras de asfalto.

Compactado con compactadoras de rodillo.

Curado con agua (o curadores de concreto)

Construcción de juntas

### **Curado y construcción de juntas**

Es necesario aplicar el curado de la superficie inmediatamente finalizada la compactación por el bajo contenido de agua de la mezcla de concreto compactado con rodillo, por ello es conveniente curar el concreto utilizando agua, la cual debe aplicarse en forma de rocío sobre su superficie, normalmente durante un periodo de 7 días. La utilización de membranas de curado no es recomendable, en vista que en muchas ocasiones no se logra cubrir la superficie rugosa de concreto, adicionalmente esta puede ser dañada por las mismas actividades de construcción.

Cuando las condiciones de cualquier proyecto establecen la construcción de una capa de rodadura de mezcla asfáltica, sobre la capa de concreto compactado con rodillo, puede aplicarse un riego de material asfáltico como procedimiento de curado obteniendo resultados satisfactorios.

Las juntas transversales y longitudinales por contracción del concreto compactado con rodillo, usualmente no son construidas. Sin embargo cuando se dispone de ellas, esta son tratadas utilizando los procedimientos empleados para concreto convencional.

### **Técnicas para demorar la Reflexión de fisuras**

Aunque se han utilizado distintas técnicas para impedir la reflexión de las fisuras, ninguna ha tenido éxito y en algunos casos únicamente se ha logrado demorar la aparición de las mismas. Entre algunas de estas técnicas se encuentran las siguientes:

Impedir la adherencia entre las losas y la carpeta asfáltica en la zona de la junta, colocándose sobre el concreto compactado con rodillo un riego de arena de río.

Colocar una lámina de fieltro asfáltico extendido de 25 cm a 30 cm a cada lado de la junta.

Armar el concreto compactado con rodillo con una malla de acero de 4.2 mm en un ancho de 50 cm a cada lado de la junta.

Utilizar Geotextiles como anti reflexivo.

Como se menciona anteriormente algunas de la técnicas indicadas fueron sugeridas, sin embargo ninguna ha sido efectiva, únicamente se demoró la aparición de fisuras cuando se utilizó la lámina de fieltro asfáltico.

### **2.2.17 Propiedades del concreto compactado con rodillo**

De igual manera Aguirre (2014) destaca que las propiedades del concreto convencional se presentan también en el concreto compactado con rodillo. Sin embargo deben cuidarse indispensablemente la resistencia a flexión y la resistencia a la fatiga cuando este concreto seco va a ser utilizado en pavimentación.

Además se presentan otras propiedades como la resistencia a compresión, el módulo de elasticidad la retracción, la permeabilidad, la resistencia al desgaste, etc.

Las diferencias entre las propiedades del concreto convencional y el concreto compactado con rodillo se deben principalmente a la menor relación agua cemento, al tipo de energía utilizada para lograr su compactación a las diferentes proporciones de la mezcla.

#### **Resistencia a la compresión del concreto compactado con rodillo**

La resistencia del concreto a la compresión con un buen curado y una temperatura aproximada igual depende en este caso de la relación agua / cemento y del grado de compactación.

En el laboratorio se hacen los respectivos ensayos para la medición de la resistencia a la compresión con las probetas cilíndricas compactadas, existen diferentes métodos de compactación el martillo Kango con vibración y compresión superficial superior, el sistema francés de vibro compresión con vibración lateral y compresión superior y mediante el uso de mesas vibratorias como el consistometro

vebe con compresión superior y mesa vibratoria inferior este último parece ser el que más se adapta a las características del concreto compactado con rodillo.

### **Módulo de rotura**

Es el esfuerzo máximo de tensión que soporta una viga sometida a flexión, en el momento de falla.

Al igual que en el concreto convencional, en el compactado con rodillo existe una buena correlación entre la resistencia a la tracción indirecta y el modulo rotura. Así mismo también se ha encontrado que existe una excelente correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión. Se debe agregar que el módulo de rotura depende de buena parte de la adherencia entre el mortero y el agregado.

La resistencia a la flexión al igual que la de los concretos convencionales depende de la relación agua / cemento, a la edad, el curado, el tipo de agregado y la cuantía del cemento.

### **Resistencia a la fatiga**

El fracturamiento por fatiga es causado probablemente por los esfuerzos que se inducen en el borde y en la mitad de la losa. El numero permisible de repeticiones de carga para causar el fracturamiento por fatiga depende de la relación de esfuerzos entre el esfuerzo a flexo-tensión y el módulo de rotura del concreto. Ya que el diseño se basa en el borde cargado de la losa y solo una pequeña porción de las cargas del tránsito son aplicadas a borde del pavimento, el número total de repeticiones de carga debe ser reducido a un mínimo equivalente de bordes cargados, de tal manera que ese mismo deterioro por fatiga sea obtenido. Esta aproximación es diferente para los análisis por fatiga flexibles donde el factor cambia y es usado como ajuste del número de repeticiones de carga.

### **Propiedades elásticas**

Los principales factores que afectan a las propiedades elásticas del hormigón son la edad, el tipo de árido y la relación agua/cemento o calidad de la pasta. El módulo elástico del concreto aumenta con la edad y con el contenido de cemento. La discontinuidad de la pasta, por ser su volumen insuficiente, provocara la aparición de un volumen de huecos elevado, lo cual afectara negativamente al módulo elástico.

Ciertos tipos de áridos (cuarcitas argilitas, etc.) confieren unas características de fragilidad al concreto que se traducen en elevados valores del módulo elástico.

Debe esperarse que con una adecuada dosificación y consolidación del concreto compactado con rodillo se Obtengan valores similares a los del concreto convencional amasado con el mismo tipo de árido.

El aumento en la proporción de áridos que conlleva el concreto compactado con rodillo, y el consiguiente aumento en la densidad debería aumentar el módulo de elasticidad para un Tamaño máximo del árido dado, estando provista la mezcla de suficiente pasta. Si esta fuese insuficiente, la densidad disminuirá con el aumento de los huecos de aire.

### **Retracción**

El cambio de volumen potencial debido a la pérdida de humedad o retracción de secado, es significativamente bajo en el concreto compactado con rodillo debido a su menor contenido de agua de amasado frente al de un concreto convencional.

La superficie está sujeta a la desecación, como sucede en los concretos, pero hay también menos pasta en superficie y el mayor volumen de árido restringe más el cambio de volumen. El principal efecto de la desecación superficial seria la microfisuración de la pasta alrededor de las partículas de árido. La retracción de secado resulta también afectada por la relación agua/cemento.

Generalmente las puzolanas naturales inducen mayores cambios de volumen autógeno en el concreto que las cenizas volantes o el cemento portland puro.

### **Durabilidad**

La durabilidad del concreto se estima por su resistencia a la meteorización por ciclos hielo-deshielo, el ataque químico y la erosión o desgaste. En el caso de la meteorización, influye la resistencia a la misma del árido y el contenido de aire incluido en el concreto. Este último resulta bajo en el concreto compactado con rodillo, por lo que será necesario una adecuada elección de los áridos para garantizar su durabilidad en lo que a meteorización se refiere. Es preciso insistir en los estudios que vienen realizándose para conseguir ocluir aire en el concreto compactado con rodillo.

Estudios realizados con concreto compactado con rodillo, muestran que la resistencia a la erosión se mejora con el empleo de tamaños de áridos más pequeños y texturas superficies suaves. No existen aún estudios en cuanto a la resistencia a ataques químicos del concreto compactado con rodillo, pero parece lógico pensar que no diferirán mucho del concreto convencional.

### **Permeabilidad**

La permeabilidad de una masa de concreto depende en gran medida del aire atrapado en el sistema de huecos. Como la cantidad de pasta es suficiente para minimizar el sistema de huecos, y el grado de compactación, consolida completamente la masa, el concreto compactado con rodillo es tanto o más impermeable que el concreto convencional.

Sin embargo, las filtraciones que pueden aparecer por no haberse conseguido una adecuada trabazón en las juntas horizontales, deben ser evitadas tratando que la mezcla cubra las juntas frías proporcionando un exceso de volumen de pasta, y evitando, en la medida de lo posible, el agrietamiento y la desecación.

### **Diseño la mezcla para concreto compactado con rodillo**

Par Baños, Flores y Santos (2012) establecen que este diseño se basa en escoger una proporción de mezclas utilizando el método de suelos simplificado o concepto de compactación de suelos, las mezclas de concreto compactado con rodillo han sido proporcionadas desde 1960 usando principios de compactación de suelos, los mismos fundamentos han sido la base para determinar el contenido de cemento para mezclas de suelo-cemento por más de 50 años. La teoría de compactación de suelos considera al concreto compactado con rodillo como un suelo procesado o agregado enriquecido con cemento, cuyo diseño de mezcla está basado en la relación humedad-densidad. Para un agregado específico y un contenido de material cementante, el objetivo es determinar un contenido óptimo de humedad para un esfuerzo de compactación de laboratorio que corresponde al esfuerzo o densidad aplicable por los rodillos en el campo.

El método se inicia con una granulometría de agregados fija que involucra un programa de ensayos de variación de contenidos de material cementante y la comparación de resultados una vez que el contenido de agua es determinado.

### **Calculo del módulo de elasticidad**

El módulo de elasticidad o módulo de Young (E) de cualquier material es una medida del comportamiento esfuerzo-deformación del material. En el análisis mecanicista de pavimentos, el módulo de elasticidad del concreto tiene un fuerte efecto sobre la deflexión del pavimento y los esfuerzos en toda la estructura de pavimento.

A menudo no es conveniente para agencias de carreteras desarrollar pruebas de resistencia a la flexión y pruebas de módulo de elasticidad en probetas de concreto. Estas pruebas pueden ser incómodas, consumidoras de tiempo y caras.

En comparación, una prueba de resistencia a la compresión es rápida, conveniente y una medida fácil de la resistencia de materiales cementantes estabilizados y de concreto hidráulico. La resistencia a la compresión medida puede ser utilizada para estimar otras características del material tales como la resistencia a la flexión y el módulo de elasticidad.

$$E_c = 6750 * MR$$

$$E_c = 57000 f'c^{1/2}$$

Donde:

$E_c$ : módulo de elasticidad del concreto en (Psi)

$f'c$ : resistencia a la compresión del concreto a los 28 días (Psi)

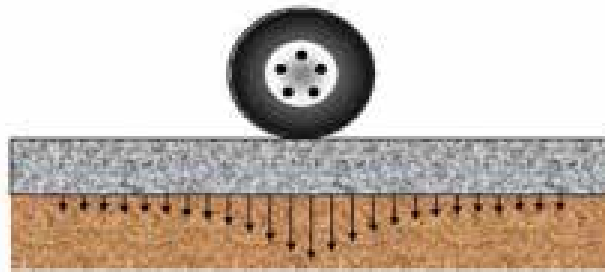
MR: módulo de ruptura del concreto (Psi).

### **2.2.18 Pavimento**

Según Carciente (2011), expone que el pavimento es la capa constituida por uno o más materiales que se colocan sobre el terreno natural o nivelado, para aumentar su resistencia y servir para la circulación de personas o vehículos. Un pavimento por lo general es una estructura conformada por diferentes capas, de diferentes espesores y de diferentes calidades, las cuales al interactuar unas con otras ofrecen un grado de resistencia al paso de los vehículos.

### **2.2.19 Pavimento rígido**

Calo (2012) el citado autor lo especifica como una losa de concreto simple o armado, apoyada directamente sobre una base o sub-base. La losa, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, absorbe gran parte de los esfuerzos que se ejercen sobre el pavimento lo que produce una buena distribución de las cargas de rueda, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante. Todo lo contrario sucede en los pavimentos flexibles, que al tener menor rigidez, transmiten los esfuerzos hacia las capas inferiores lo cual trae como consecuencias mayores tensiones en la subrasante, como se puede apreciar en la figura 2.

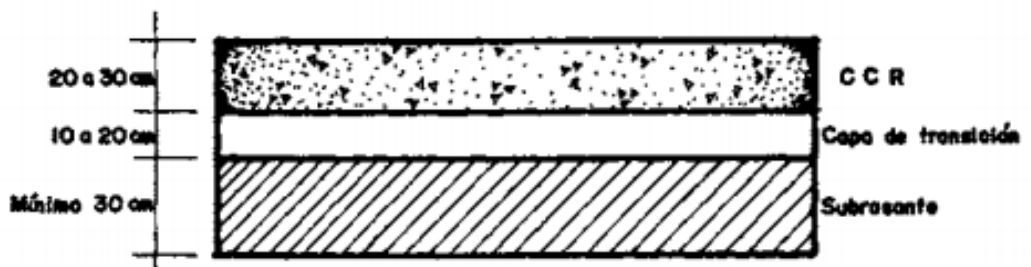


**.Pavimento Rígido**

**Fuente:** Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”. (p.4)

**2.2.20 Pavimento CCR**

Cemex (2015) es un pavimentos de concreto construido a partir de una mezcla seca, de baja relación agua/cemento, que se coloca con pavimentadoras de asfalto y se compacta con rodillos vibratorios, como se puede apreciar en la figura 3 sección de pavimento con CCR,



**.Sección de Pavimento CCR**

Fuente Cemex (2015)

**2.2.21 Beneficios del concreto CCR en vías**

Feo C. (2007). destaca entre los beneficios del uso de concreto CCR se señalan los siguientes:

1. Por ser una mezcla más seca que la del concreto tradicional, su instalación es más rápida

2. Cuenta con un estricto control de calidad de las materias primas. Es realizado bajo un proceso de producción monitoreado con la más moderna tecnología.

3. Baja relación agua/cemento

4. Se obtienen mezclas de alta densidad y baja absorción

5. Por su bajo contenido de agua reduce la permeabilidad, al mismo tiempo mejora la durabilidad del pavimento

6. Es de fácil preparación

7. CCR permiten soportar el tránsito circulando directamente sobre ellos sin protección superficial

8. Soporta tráfico pesado y cargas concentradas

9. Permite apertura rápida al tráfico ligero 24 horas después de su colocación

10. Optimiza el proceso de construcción y reduce costos de mantenimiento.

11. Reduce la permeabilidad y aumenta la vida útil del pavimento • No requiere formaletas ni pasajuntas de acero de refuerzo

12. Alta reflectividad solar que reduce la temperatura ambiental y consumos energéticos de la vía.

13. Debido a la utilización de plantas dosificadoras de concreto en el lugar mismo de la obra y a la cercana distancia que tiene con el núcleo de aplicación del material, los aspectos climatológicos no causan problemas serios en sus características físicas, químicas y mecánicas, puesto que no se llegan a provocar contracciones por alto calor de hidratación (fraguados prematuros) ni expansiones por efectos contrarios, además de variaciones considerables en el revenimiento requerido, respetando consigo las tolerancias pre-establecidas.

### **2.2.22 Desventajas**

1.-Calidad de rodamiento vehicular inferior a la normal.

2.-Grados de compactación demorados en tiempo puesto que se requieren muchas aplicaciones de la máquina en cuestión.

3.-Sistemas de control de densidades in situ deficientes, provocando compactaciones disipadas al suelo, en ocasiones irregulares.

### **2.2.23 Precauciones**

Para autores como Escalaya M. (2006) señalan que se necesita realizar algunas previsiones en la elaboración del concreto CCR entre las que se mencionan:

1. La mezcla de CCR debe ser lo suficientemente seca para prevenir el hundimiento de los equipos de rodillo vibratorio, pero lo suficientemente húmeda para permitir la adecuada distribución del mortero conglomerante en el concreto durante el mezclado y la operación de la compactación vibratoria

2. Realizar el ensayo de humedad para controlar la compactación de cada uno de los viajes.

3. Realizar el ensayo de densidad (método de cono de arena o densímetro nuclear) para garantizar el porcentaje mínimo de compactación

4. Se cura con agua, emulsión asfáltica o compuesto de curado

5. No se debe adicionar agua, cemento o aditivos al concreto en la obra, ya que esto alterará su diseño

### **2.2.24 Construcción de pavimento CCR en obra**

Aguilar V y Fiedman (2008) señalan que los trabajos de pavimentación en general, consisten en extender la mezcla de concreto con una pavimentadoras convencional y compactarla con rodillos vibratorios. Actualmente, y de acuerdo con los avances tecnológicos de vanguardia, se han hecho adaptaciones a las extendedoras, pues la energía de vibración que proporcionaban en los espesores de concreto, oscilaban en los 25 cm uno era suficiente, ya que los rodillos vibratorios desarrollarían esa función. Al seguir este procedimiento, la regularidad superficial del pavimento no era muy satisfactoria, puesto que se tenían en la superficie pequeñas depresiones perceptibles al circular a bajas velocidades.

Recientemente el uso de pavimentadoras de alta capacidad han probado ser la mejor opción para obtener altas densidades en el CCR. Antes de la operación de tendido, la Base o Subrasante tiene que ser humedecida con un rociador para evitar la resequeidad en la parte inferior de la capa de concreto. Así, la operación de tendido requiere un control preciso del espesor y nivelación del pavimento.

Este se puede construir a razón de 5 capas de 15 a 25 cm, dependiendo del diseño específico.

El ancho del pavimento puede ser crítico para la compactación y textura superficial en las orillas del mismo, particularmente si las secciones son mayores de 5 m de ancho; el material tiende a segregarse en las orillas, debido al efecto de la hélice que distribuye la mezcla en la pavimentadoras Buena opción puede resultar el extender y nivelar el CCR con moto conformadoras, siempre y el operador sea hábil en el manejo de su máquina y la supervisión también lo sea

En cuanto a la compactación, por lo regular se requieren cuatro pasadas de un rodillo vibro neumático (preferentemente) de 10 toneladas con doble tambor, para lograr una consolidación completa del CCR; sin embargo no constituye una regla y la densidad de compactación debe checarse con regularidad.

Es preciso, además, tomar en consideración los siguientes puntos:

### **Juntas**

Independientemente de la dirección de las juntas, con referencia a la dirección de pavimentación, pueden clasificarse como "Frías o Frescas", dependiendo del estado de hidratación del concreto. Siempre que se forme una junta fría, es muy probable que ésta desarrolle una baja adherencia.

No existen reportes de cambios reales en la consistencia y/o proporciones de la mezcla para mejorar la adherencia, especialmente en juntas transversales. Sin embargo, en algunos casos, el concreto viejo de una junta transversal p longitudinal

se ha limpiado con cepillo humedecido y pintado con un mortero rico en cemento, o una pasta con una relación agua-cemento baja.

Los pavimentos con CCR sufren grietas de contracción espaciadas de 10 a 20 m, de donde en ocasiones se desprende el concreto; esto se alivia formando una junta de contracción a distancias prefijadas, aserrando el concreto cuidadosamente y calafateando con Neopreno.

### **Curado.**

Casi todos los tipos de curado se han intentado para nuestro método, sin embargo no existen datos de una evaluación cuantitativa de sus efectos. En la mayoría de los casos, se aplica por lo menos por siete días, agua por aspersión o en su defecto la aplicación de mantas en estado húmedo

En trabajos pequeños, el curado se puede hacer cubriendo el pavimento con arena semisaturada de agua, lo cual proporciona en su mayoría mejores resultados que otros procesos.

### **Textura.**

La calidad de la textura superficial de un pavimento con CCR depende del tamaño máximo de agregado grueso, así como de otras características de la mezcla. El uso del compactador neumático después del rodillo vibratorio, puede ayudar a obtener una textura más tersa y cerrada.

El exceso de compactación puede provocar grietas de arrastre. Las tolerancias varían de 1 a 1.5 cm por cada 3 m medidos con una regla.

### **Equipo de apoyo para su aplicación**

El extendido del concreto compactables con las pavimentadoras asfálticas equipadas únicamente con reglas vibratorias, no han dado resultados muy alentadores. Algunos contratistas han observado un desgaste adicional en las pavimentadoras debido al tamaño del agregado y/o cantidad colocada.

Sin embargo, con la adaptación de una barra compactadora, las pavimentadoras asfálticas han probado dar un buen control al lograr una pre compactación inicial de la capa y constructivamente es sorprendente la facilidad, trabajabilidad y limpieza del extendido de la mezcla.

El mayor problema que puede presentar la pavimentadoras asfáltica al colocar el concreto compactables es el tamaño de la tolva, puesto que el espesor de la capa de esta mezcla es mayor que la del concreto asfáltico. Otra limitante es que el sinfín de distribución tiende a llevar el agregado grueso a los extremos, produciendo, por lo tanto, una segregación del compuesto en sus bordes extremos.

Esto se puede minimizar si el contratista disminuye el ancho de pavimentación, pero frecuentemente el constructor trata de usar el ancho máximo de pavimentación para obtener una alta producción, pero esta decisión produce una calidad baja en el concreto compactables.

Algunas experiencias han mostrado que dos pavimentadoras, trabajando alternativamente, son muy productivas y más efectivas económicamente que una sola máquina que tiene que regresar periódicamente a colocar un segundo carril, logrando también disminuir el número de juntas frías.

Se ha recurrido a dispositivos de control superficial automáticos o manuales para mantener un nivel satisfactorio de la superficie. No es recomendable utilizar moto conformadoras para el extendido de la mezcla, pues se presenta segregación y el mezclado no es homogéneo; salvo que el operador tenga grandes habilidades en el manejo de su máquina.

Si el área que se va a colocar es de forma rectangular, los caniles de extendido deben ir en la dirección corta en lugar de la larga. Esto es sin duda contrario a los procedimientos normales de construcción, pero las juntas frías que deben dejarse por la suspensión de las labores al final de la jornada, estarán en la dirección más estrecha, minimizando el mantenimiento futuro del pavimento. se colocan dos capas

de mezcla, es importante que se hagan durante el mismo día. No hay que tomar precauciones especiales para la unión, excepto prevenir que la capa de base se seque antes de colocar la segunda capa.

Se requiere un ligero riego de agua para mantener la base húmeda. En general se recomienda colocar espesores en una sola capa, pues se tienen algunos problemas en el agrietamiento de un sistema multicapa y el patrón no siempre es el mismo en la capa inferior que en la superior.

La compactación se efectúa con rodillos vibratorios, mismos que deben cumplir las siguientes características:

- Ser autopulsados con rodillo doble, preferentemente.
- Frecuencia de vibración por lo menos 1500 ciclos/minuto.
- Peso del rodillo 26.8 kg/cm<sup>2</sup> como mínimo.
- Frecuencia de operación con velocidades de compactación de 2.5 km/hr.

La práctica recomienda iniciar la compactación dentro de los 10 minutos posteriores al extendido de la mezcla y completarse antes de 45 minutos; desde luego, habrá algunas variaciones de acuerdo con las temperaturas que prevalezcan en la obra. Si se presentan heladas y se han utilizado cementos con alto contenido de cenizas volantes, debe procurarse no trabajar en estas condiciones climatológicas, pues es perjudicial para el concreto.

La compactación inicial consiste en dar como mínimo cuatro pasadas completas en la fase vibratoria. Las pasadas en la fase estática serán obviamente antes de iniciar dicho proceso y su objetivo será armar la mezcla; es decir, lograr que las partículas tengan un acomodo inicial antes de someterlas a la energía mínima de compresión. Se extenderá una pasada completa de ida y vuelta del compactador en un tramo determinado. Se recomienda que los rodillos vibratorios

no permanezcan en el área de trabajo cuando se encuentren detenidos, para evitar depresiones pronunciadas en la superficie del terreno.

### **2.3 Bases Legales**

En la actualidad Venezuela carece de normas para el manejo y diseño de mezclas de concreto compactado con rodillo, sin embargo contamos con la norma

**COVENIN 277:2000**, Esta Norma Venezolana contempla los requisitos mínimos que deben cumplir los agregados finos y gruesos utilizados en el concreto, para las pruebas de campo señalas a continuación:

**COVENIN 255:1998** Agregados. Determinación de la composición granulométrica.

**COVENIN 256:1977** Método de ensayo para la determinación cuantitativa de impurezas orgánicas en arenas para concreto (ensayo colorimétrico).

**COVENIN 273:1998** Concreto, mortero y componentes. Terminología.

**COVENIN 275:1978** Método de ensayo para determinar la humedad superficial en el agregado fino.

**COVENIN 276:1978** Método de ensayo para determinar la reactividad potencial alcalina de combinaciones cemento-agregados (método de la barra de mortero).

**Norma COVENIN 269:1998:** Agregado Grueso determinación de la densidad y la absorción. Establece el método de ensayo para determinar la densidad aparente, con muestras saturadas y de superficie seca, la densidad aparente y la absorción del agregado grueso.

**Norma COVENIN 338-79:** Concreto. Elaboración del curado y ensayo a compresión de probetas cilíndricas de concreto. Contempla las especificaciones de los instrumentos y moldes a utilizar, así como las medidas correspondientes para la elaboración y curado de probetas cilíndricas.

**Norma COVENIN 340-79:** Método para la elaboración y curado en el laboratorio de probetas de concreto para ensayos de flexión. Procedimiento para la

elaboración y curado de las probetas en el laboratorio, y especifica el tipo de modelo a utilizar con sus correspondientes medidas, así como las técnicas de vibrado que depende del asentamiento del concreto.

**Norma COVENIN 343-79:** Método de ensayo para determinar la resistencia a la tracción por flexión del concreto simplemente apoyada, con carga en el centro del tramo. Contiene detalles a la geometría del elemento a ser probado para determinar su resistencia a flexión. Y facilita la velocidad de prueba y la interpretación de datos.

**Norma COVENIN 28:1993:** Cemento portland, Requisitos. Contempla los requisitos del cemento portland para ser usado en construcción.

**Norma COVENIN 277:2000:** Concreto, agregados. Requisitos (3ra. Revisión): Establece los estándares de calidad que requieren los materiales para preparar concreto.

**Norma COVENIN 1976:2003:** Concreto. Evaluación y Métodos De Ensayo (3RA Revisión)

## 2.4 Definición de términos

**Compresión:** la compresión puede ser un proceso físico o mecánico que consiste en someter un cuerpo a la acción de dos fuerzas opuestas para que disminuya su volumen, se conoce como esfuerzo a compresión el resultado de estas tensiones.

**Tracción:** En el cálculo de estructuras e ingeniería se denomina tracción al esfuerzo interno a que está sometido un cuerpo por la aplicación de dos fuerzas que actúan en sentido opuesto, y tienden a estirarlo. Lógicamente, se considera que las tensiones que tiene cualquier sección perpendicular a dichas fuerzas son normales a esa sección, y poseen sentidos opuestos a las fuerzas que intentan alargar el cuerpo.

**Consolidar:** Hacer que una cosa inmaterial adquiera firmeza o solidez

**Cilindro:** Objeto o pieza de una máquina que tiene esta forma.

**Moldes:** es una pieza, o un conjunto de piezas acopladas, interiormente huecas pero con los detalles e improntas exteriores del futuro sólido que se desea obtener.

**Suelo:** es la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que proviene de la desintegración o alteración física y química de las rocas y de los residuos de las actividades de seres vivos que se asientan sobre ella

**Cemento:** Material de construcción compuesto de una sustancia en polvo que, mezclada con agua u otra sustancia, forma una pasta blanda que se endurece en contacto con el agua o el aire; se emplea para tapar o rellenar huecos y como componente aglutinante en bloques de hormigón y en argamasas

**Probeta:** pieza sometida a diversos ensayos mecánicos para estudiar la resistencia de un material

**Resistencia:** es una de las cuatro capacidades físicas básicas, particularmente aquella que nos permite llevar a cabo una actividad o esfuerzo durante el mayor tiempo posible. Una de las definiciones más utilizadas es la capacidad física que posee un cuerpo para soportar una resistencia externa durante un tiempo determinado.

**Martillo de vibración:** es una herramienta de perforación por aire comprimido. Trabaja sobre superficies horizontales o verticales, en cuyo caso la forma se adapta para que un solo operario pueda aplicar la fuerza necesaria.

**Fraguado:** Proceso de endurecimiento o pérdida de plasticidad del hormigón u otros morteros producido por la desecación y re-cristalización de los hidróxidos metálicos procedentes de la reacción química de su combinación con el agua.

**Máquina de desgaste de Los Ángeles:** Diseñada para determinar la resistencia a la abrasión de agregados por unidad de tiempo o revoluciones por minuto (RPM), está construido por un tambor de chapa de acero con tapa de acceso ajustable que contiene en su interior un juego de esferas de acero.

**ASTM:** La American Society for Testing and Materiales (ASTM) es una organización que publica y desarrolla acuerdos voluntarios y normas técnicas para una amplia gama de materiales, productos, sistemas y servicios contando con alrededor de 12.575 ejemplares de aplicación internacional.

**ACI:** El American Concrete Institute (ACI) es la organización de los Estados Unidos que desarrolla estándares, normas y recomendaciones técnicas con referencia al hormigón reforzado.

**COVENIN:** La Comisión Venezolana de Normas Industriales, fue desde 1958 hasta 2004 el ente encargado de velar por la estandarización y normalización

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

Arias (2006) señala que “la metodología del proyecto incluye el tipo de investigación, las técnicas y los procedimientos que serán utilizados para llevar a cabo la indagación, es el cómo se realizará el estudio para responder al problema”, a continuación se describirá cada uno de estos aspectos:

#### **3.1 Tipo de Investigación**

Se denomina proyecto factible la elaboración de una propuesta viable, destinada atender necesidades específicas a partir de un diagnóstico, Según el manual de la UJAP (2007) se define el proyecto factible como aquel que “consistirá en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organización o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos. El proyecto factible debe tener apoyo en una investigación de tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades.”, (p.5).

En base a esta definición, esta investigación pretende dar una alternativa de solución al diseño de pavimento rígido utilizando mezcla de concreto compactado con rodillo (C.C.R) de resistencia  $310 \text{ Kg/cm}^2$  con plastificante retardador.

#### **3.2 Nivel de la Investigación**

De acuerdo al objetivo que persigue esta investigación, se puede enmarcar dentro del ámbito de descriptiva, según (Arias, 2006 a, p. 25) “los estudios descriptivos miden de forma independiente las variables y aun cuando no se formulen hipótesis, tales variables aparecerán enunciadas en los objetivos de investigación”

Por lo tanto este proyecto se considera descriptivo ya que se especifica los procedimientos para obtener una mezcla de concreto compactada con rodillo de resistencia  $310 \text{ Kg/cm}^2$  para pavimentos rígido, actividad que se realiza explicando su desempeño a través de ensayos de laboratorio los cuales dependen de los materiales utilizados en la elaboración de la misma.

### **3.3 Diseño De La Investigación**

Según los autores Santa Palella y Martins (2010), define el diseño experimental como aquel que se ocupa de la orientación dirigida a los cambios y desarrollos tanto de la esfera de las ciencias naturales como la sociales, con el control adecuado, mediante la manipulación de una variable no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de escribir de que modo y porque causa se produce esta situación o acontecimiento particular” (pág. 15).

Basados en lo anteriormente explicado, el diseño de esta investigación es experimental, debido a que se manipulan las dosificaciones de cemento, agregados, aditivos y métodos de compactación con rodillo para obtener los resultados de ensayos realizados a estas mezcla de concreto, ejecutados en el laboratorio de la empresa FRAMEX ubicada en la variante Bárbula San Diego, Monteserino, Local 04, Valencia, estado Carabobo.

### **3.4 Población y Muestra**

Balestrini (2001) “el termino población se refiere a” cualquier conjunto de elementos de los que se quiere conocer o investigar alguna o algunas de sus características, en el caso de este proyecto”, la población destinada para este estudio fueron el conjunto de probetas de concreto (testigos) ensayadas según Norma COVENIN 1976-2003 referente al Concreto, “Evaluación y Métodos de Ensayo”.

Ahora bien autores como Morlés, (1994) señalan que la muestra es un subconjunto representativo de un universo y población, en este estudio la muestra fueron 180 probetas de concreto (dos por cada prueba), considerando una

resistencia a la compresión de  $310 \text{ Kg/cm}^2$  y con tiempos de rotura de 2 días (48 horas), 7 y 28 días respectivamente.

### **3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos:**

Para Arias, F. (2006), los instrumentos de investigación "son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información." (p. 25), es por ello que la recolección de datos se obtendrá a partir de observación directa debido a que dichos datos fueron obtenidos a través de la máquina de ensayo a compresión y comparando los resultados con los establecidos en la norma COVENIN 1976-2003.

### **3.6 Fases metodológicas**

Para lograr el desarrollo de la investigación se plantea dividir la misma en cuatro fases metodológicas de acuerdo a los objetivos establecidos:

**Fase I: Caracterización de los materiales para la elaboración del concreto de acuerdo a la Norma Covenin 277-2000.**

Examinar a través de las pruebas de ensayos en el laboratorio las propiedades físicas, químicas y mecánicas según lo establecido en las normas COVENIN 277:2000 que regula la calidad de los distintos tipos de materiales empleados en la preparación de concretos. Entre los ensayos a realizar podemos citar: Granulometría, Desgaste de los materiales, Absorción, Peso específico de los materiales y Peso unitario de los materiales.

**Fase II: Elaboración del diseño de la mezcla De Concreto de resistencia a la Compresión de  $310 \text{ Kg/cm}^2$  con aditivo plastificante retardador.**

El diseño de mezcla seleccionado para la investigación cuando se desea diseñar una mezcla en condiciones óptimas, se toma en cuenta la sustitución de agregados por otros tipos de materiales. Es importante resaltar que todas las

fórmulas usadas fueron extraídas del Manual del Concreto Estructural. Porrero y otros. SIDETUR: Caracas (2009)

**Fase III: Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en probetas de 48 Horas, 7 Y 28 días de tiempo compactando con el uso de apisonador especial.**

Los ensayos a compresión se realizaron bajo los parámetros de la norma COVENIN 1896-82 “Métodos de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de concreto y mortero liviano aislante”, la cual describe la preparación y el ensayo de cilindros moldeados de cilíndricos de 150x300 mm a las edades de 48 horas 7 y 28 días, pero compactando con apisonador especial e igualmente se evaluó estos resultados de acuerdo a lo Norma COVENIN 1976:2003, de “Concreto. Evaluación Y Métodos De Ensayo” (3 Ra Revisión)

**Fase IV Comparación de los beneficios y limitaciones que presenta el Concreto Compactado con Rodillo (CCR) y concreto convencional para pavimento rígido considerando la resistencia y el costo de los materiales**

## **CAPITULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

A continuación se presenta el análisis e interpretación de los resultados definido por Hurtado (2010), “Son las técnicas de análisis que se ocupan de relacionar, interpretar y buscar significado a la información expresada” los cuales fueron ordenados de acuerdo a las fases establecidas anteriormente cuya duración del proceso fue aproximadamente de 4 meses, iniciando en el mes de septiembre y finalizando en diciembre del año 2018, logrando la caracterización de los agregados fino y grueso mediante pruebas de laboratorio, para determinar la calidad de los agregados a utilizar en la mezcla de concreto. Luego se procedió a realizar el diseño de mezcla y finalmente los ensayos e interpretación.

#### **4.1 Fase I: Caracterización de los materiales para la elaboración del concreto de acuerdo a la Norma COVENIN 268-98**

En esta etapa se siguió con lo establecido en la norma COVENIN 268-98 mostrando los análisis de agregados mediante ensayos realizados a los mismos, así como también se agregó las características del aditivo, seguidamente se señala los aspectos mencionados:

##### **4.1.1 Resumen de procedimiento para la elaboración de Ensayos granulométricos de los agregados.**

1. Homogeneizado de la muestra y eliminación del material de tamaño superior a 4.75 mm (tamiz No.4), selección por cuarteo de una cantidad de aproximadamente 1000 g, y se secó en el horno a 100 - 110°C, luego se procedió al enfriamiento al aire a la temperatura ambiente durante 1 a 3 horas. Una vez fría se

pesó, repitiendo el secado hasta lograr peso constante, cubriendo la muestra completamente con agua y se la dejó así sumergida durante  $24 \pm 4$  horas.

2. Posteriormente del período de inmersión, se decantó cuidadosamente el agua para evitar la pérdida de finos y se extendió la muestra sobre una bandeja, comenzando la operación de desecar la superficie de las partículas, dirigiendo sobre ella una corriente moderada de aire caliente, mientras se agitaba continuamente para que la desecación sea uniforme, y se continuó el secado hasta que las partículas pudieron fluir libremente.

3. Observación visual de que se estaba aproximando el agregado a esta condición, se sujetó firmemente el molde cónico con su diámetro mayor apoyado sobre una superficie plana no absorbente, se hecho en su interior a través de un embudo y sin apelmazar, una cantidad de muestra suficiente, que se apisona ligeramente con 25 golpes de la varilla, levantando a continuación, con cuidado, verticalmente el molde. Si la superficie de las partículas conserva aún exceso de humedad, el cono de agregado mantendrá su forma original, por lo que se continuará agitando y secando la muestra, realizando frecuentemente la prueba del cono hasta que se produzca un primer desmoronamiento superficial, indicativo de que finalmente ha alcanzado el agregado la condición de superficie seca.

Se repitieron de nuevo los procesos de secado y pruebas del cono, explicados en los numerales 2. Y 3., hasta determinar el estado correcto de saturado con superficie seca.

4. Inmediatamente, se introdujo en el picnómetro previamente 500.0 g del agregado fino, preparado como se ha descrito anteriormente, y se le añadió agua hasta aproximadamente un 90 por ciento de su capacidad; para eliminar el aire atrapado se rueda el picnómetro sobre una superficie plana, se secó rápidamente su superficie y se determinó su peso total (picnómetro, muestra y agua), con una aproximación de 0.1 g.

5. Se sacó el agregado fino del matraz y se deseca en el horno a 100 - 110°C, hasta peso constante; se enfrió al aire a temperatura ambiente durante 1 a 1-1/2 horas y se determina finalmente su peso seco..

6 Se realizaron los cálculos respectivos especialmente el porcentaje de absorción y Peso específico de cada agregado

**4.1.2. Cálculos de Porcentaje de absorción y Peso específico de los agregados**

Con los resultados obtenidos del laboratorio se procedió al cálculo del porcentaje de absorción y peso específico de los agregados:

**-Porcentaje de absorción:**

$$\frac{A - S}{S} \times 100 = \text{Porcentaje de absorción}$$

Donde

S = Peso de la muestra saturada, con superficie seca, en gramo

A = Peso de la muestra en el aire en gramos

$$\frac{A - S}{S} \times 100 = \text{Porcentaje de absorción}$$

*Ab*

$$\frac{A - S}{S} \times 100 = \text{Porcentaje de absorción}$$

El valor de la absorción para agregado fino fue 1,55 y oscilando entre los rangos de a absorción de 1,5 % establecidos y para el agregado grueso fue de 0,53 % oscilando entre los rangos de a absorción menor de 0,80 %, (ver figura 3 y 4)

**- Peso específico**

$$\frac{G}{V} = \text{Peso específico}$$

Donde

A = Peso de la muestra en el aire en gramos

B. Peso nuevo SSS en el aire

C. Peso muestra saturada agua

—————=—————

Los valores del peso específico para el agregado fino fue 2,49 y 2,71 para el agregado grueso, donde ambos valores están en el rango de 2,5 a 2,7 establecido en la Norma (ver figura 3y 4)



Fecha 18/09/2018

CALIDAD, SERIEDAD Y  
SERVICIO

**Analisis Agregado Fino**

**Material** Arena Lavada de mina **Procedencia** Tinaquillo **Proveedor:** Tracenca

<b>Impurezas Orgánicas - COVENIN 256</b>	
Color patron (Número Colorimétrico) *	1

<b>Peso Unitario Suelto y Compacto - COVENIN 263</b>	
Tara (masa de recipiente) (kg):	3179 (1)
Volumen (dm <sup>3</sup> ):	6375 (2)
Peso de recipiente + agregado sin compactar (kg):	12879 (3)
Peso de recipiente + agregado compactado (kg):	13952 (4)
Peso Unitario Suelto: kg/m <sup>3</sup>	1.522 (5) P.U.S.
Peso Unitario Compacto: kg/m <sup>3</sup>	1.690 (6) P.U.C.

<b>Peso Específico y Absorción (Agregado Fino) - COVENIN 268</b>	
Peso del picnómetro con muestra y agua hasta marca de calibración (g):	1048,7 (C')
Volumen de agua añadida al picnómetro (ml):	259,2 (Va)
Peso de la muestra S.S.S. (g):	609,3 (S)
Peso del picnómetro vacío (g):	175,1 (B')
Peso de la muestra seca en aire (g):	600 (A')
Peso Específico:	2,54 (PE)
Peso Específico (S.S.S.):	2,58
Peso Específico aparente:	2,65
Absorción:	1,55 %
Vacíos:	33,59 %

Análisis de agregado fino

Fuente. Framex (2018)



Fecha 17/09/2018

CALIDAD, SERIEDAD Y  
SERVICIO

### Análisis Agregado Grueso

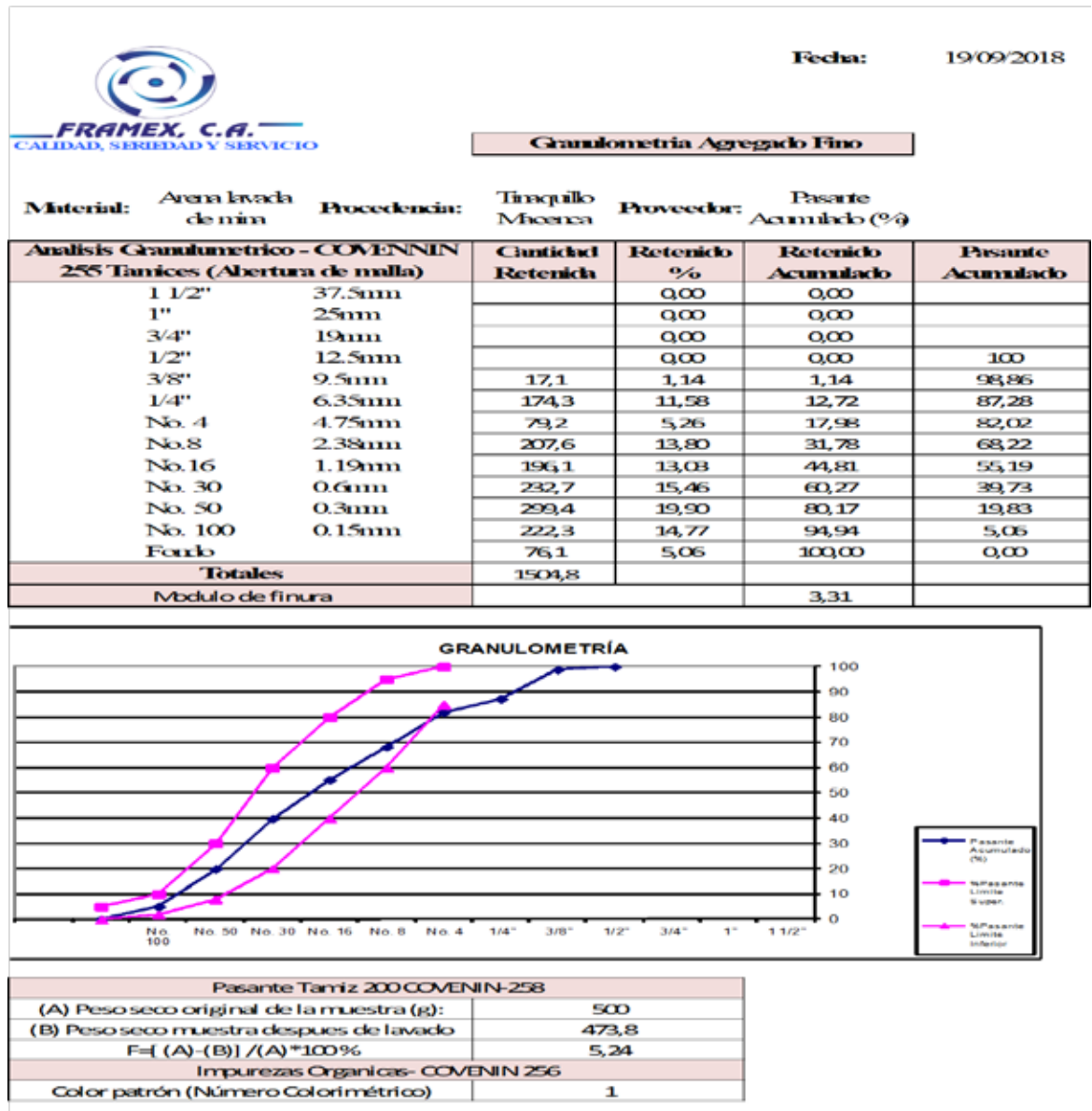
**Material** Piedra picada 1" de río **Procedencia** Acarigua **Proveedor:** Río Acarigua

<b>Peso Unitario Suelto y Compacto - COVENIN 263</b>	
Tara (masa de recipiente) (kg):	3179 (1)
Volumen (dm <sup>3</sup> ):	6375 (2)
Peso de recipiente + agregado sin compactar (kg):	12020 (3)
Peso de recipiente + agregado compactado (kg):	13636 (4)
Peso Unitario Suelto: kg/m <sup>3</sup>	1.387 (5) P.U.S.
Peso Unitario Compacto: kg/m <sup>3</sup>	1.640 (6) P.U.C.

<b>Peso Específico y Absorción (Agregado Grueso) - COVENIN 269</b>			
Peso de la muestra en el aire (g):		1142,6	(A)
Peso de la muestra S.S.S. en el aire (g):		1148,7	(B)
Peso de la muestra saturada en agua (g):		728,4	(C)
Peso Especifico:		2,55	(D) P.E.C.
Peso Especifico (S.S.S.):		2,58	
Peso Especifico aparente:		2,655	
Absorción:		0,53	%
Vacíos:		39,66	%
Observaciones :	Desgaste de Los Ángeles 17,26%		

**Figura 5.** Análisis Agregado Grueso  
**Fuente.** Framex (2018)

En relación a la granulometría de estos agregados ambas cumplen con lo establecido en Norma venezolana COVENIN 277:2000 Concretos. Agregados. Requisitos (p – 4) por Fondo Norma.(2000), cuyos valores se especifican en capítulo II, cuadro III, (Ver figura 5,6 y 7)



**Figura 6.**Granulometría agregado fino  
Fuente. Framex (2018)



**FRAMEX, C.A.**

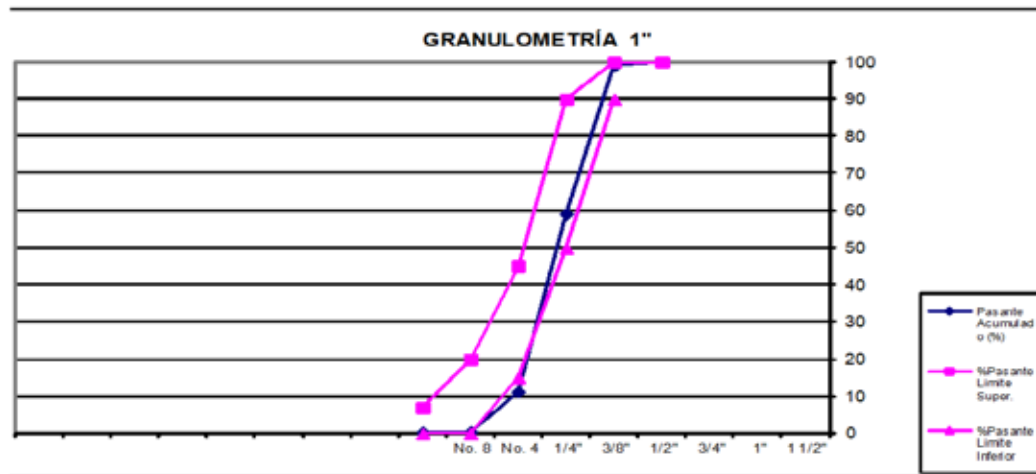
CALIDAD, SERIEDAD Y SERVICIO

Fecha: 17/09/2018

**Granulometría Agregado Grueso**

Material: Piedra  
 Picada Nº1"  
 Procedencia: Río Acarigua  
 Proveedor: Río Acarigua

Análisis Granulométrico - COVENIN 255 Tamices			Cantidad Retenida	Retenido %	Retenido Acumulado	Pasante Acumulado
1 1/2"	37.5mm					100,00
1"	25mm		26,7	1,03	1,03	98,97
3/4"	19mm		1031,6	39,85	40,89	59,11
1/2"	12.5mm		1.237,80	47,82	88,71	11,29
3/8"	9.5mm		280,7	10,84	99,55	0,45
1/4"	6.35mm				99,55	0,45
Nº. 4	4.75mm					
Nº. 8	2.38mm					
Nº. 16	1.19mm					
Nº. 30	0.6mm					
Nº. 50	0.3mm					
Nº. 100	0.15mm					
Fondo			11,6			
<b>Totales</b>			<b>2588,40</b>			



Pasante Tamiz 200 COVENIN 258	
(A) Peso seco original de la muestra (g):	1687,4
(B) Peso seco muestra después de lavado:	1679,8
$F = [(A)-(B)] / (A) * 100\%$	0,45

. Agregado grueso

Fuente. Framex (2018)



**FRAMEX, C.A.**  
CALIDAD, SERIEDAD Y SERVICIO

Fecha: 17/09/2018

**Granulometría Agregado Combinados**

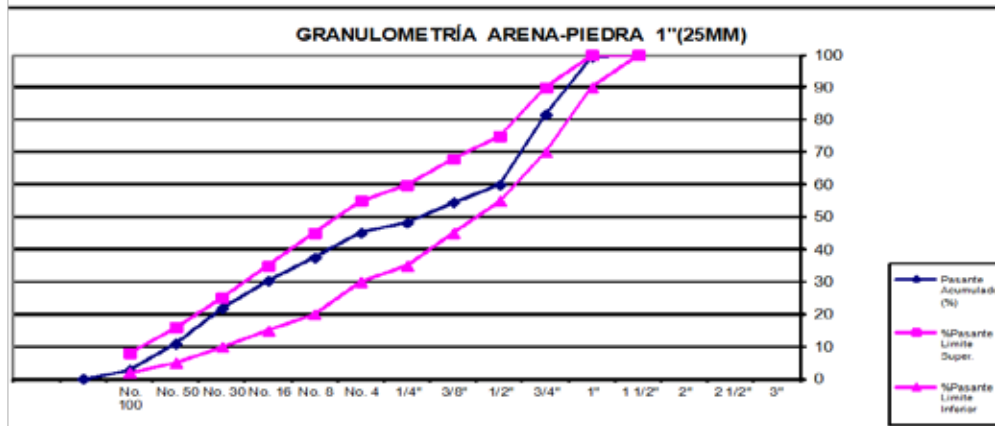
Agregado Fino

Proveedor **Niterol**  
Procedencia Tinaquillo  
Tipo Agregados Mina

Agregado Grueso

Proveedor Rio Acarigua  
Procedencia Rio Acarigua  
Tipo Agregado Rio

Análisis Granulométrico - COVENIN		Retenido	Retenido	Pasante
255 Tamices (Abertura de malla)		%	Acumulado	Acumulado
3"	37.5mm			
2 1/2"	25mm			
2"	19mm			
1 1/2"	12.5mm	100,00	100,00	100
1"	9.5mm	100	98,97	99,54
3/4"	6.35mm	100	59,11	81,6
1/2"	4.75mm	100	11,29	60,08
3/8"	2.38mm	98,86	0,45	54,58
1/4"	1.19mm	87,28	0,45	48,21
No. 4	0.6mm	82,02		45,11
No. 8	0.3mm	68,22		37,52
No. 16	0.15mm	55,19		30,35
No. 30		39,73		21,85
No. 50		19,83		10,91
No. 100		5,06		2,78
Fondo	Fondo			
<b>Totales</b>				



Factor Beta	0,55
Tamaño M <sub>ax</sub>	25mm
Concreto Tipo	250-6'

Granulometría agregado combinado  
Fuente. Framex (2018)

### **4.1.3 Características técnicas del plastificante retardador ( Daratard® 17)**

#### **- Descripción:**

El DARATARD® 17 es un aditivo de altas prestaciones, formulado a base de compuestos orgánicos polihidroxilados de alto grado de pureza. No contiene cloruros. El DARATARD® 17 está principalmente indicado para retardar de manera controlada el fraguado del hormigón. A las dosificaciones usuales del 2-3 ‰ sobre peso de cemento, el tiempo de inicio de fraguado de un hormigón preparado con cemento Portland viene retardado de 1 a 4 horas a 20 °C.

#### **- Ventajas**

Se ha estado estudiado con el fin de obtener las más altas resistencias a compresión y flexión en el hormigón gracias a su eficaz acción de reducción del agua de amasado (entre el 10 -15%), y al control de la hidratación de la fase silicato tricálcico (C3S) del cemento. Gracias a la reducción del agua de amasado que se puede conseguir con el empleo de DARATARD® 17, se obtienen hormigones frescos con mayor plasticidad y trabajabilidad, mayor facilidad de puesta en obra y mejor acabado superficial, al tiempo que el hormigón endurecido tendrá características de mayor impermeabilidad y menor retracción. Por tanto, el DARATARD® 17 está recomendado siempre que sea necesario un retraso de fraguado para garantizar la trabajabilidad por un tiempo suficientemente prolongado como para permitir el transporte, puesta en obra, compactación, vibrado, en los casos de:

- Hormigonado en clima cálido, en que un retraso de fraguado asegurará un tiempo suficiente para la puesta en obra del hormigón, al tiempo que mejorará sus prestaciones finales.

- Transporte del hormigón, para prolongar el tiempo de fraguado cuando se prevean transportes de largas distancias.

### - Dosificación

Tiene unos márgenes amplios de dosificación según la aplicación concreta, pero se mueve mayoritariamente sobre el 2 al 3 ‰ sobre peso de cemento. La dosis óptima deberá ser determinada mediante ensayos previos utilizando los mismos materiales propuestos para la aplicación industrial. Cuando sea preciso un considerable aumento del retraso de fraguado, se puede utilizar el producto en dosis del 4 al 5 ‰ sobre peso de cemento sin detrimento de la durabilidad. En la siguiente tabla se muestra un comportamiento típico del **DARATARD® 17 que puede servir a modo orientativo.**

DARATARD® 17 es un aditivo de altas prestaciones, formulado a base de compuestos orgánicos polihidroxilados de alto grado de pureza. No contiene cloruros. El DARATARD® 17 está principalmente indicado para retardar de manera controlada el fraguado del hormigón. A las dosificaciones usuales del 2-3 ‰ sobre peso de cemento, el tiempo de inicio de fraguado de un hormigón preparado con cemento Portland viene retardado de 1 a 4 horas a 20 °C.

**Cuadro 6.**Comportamiento típico del DARATARD® 17

<b>Dosificación (ml/100 Kg cemento)</b>	<b>Incremento del tiempo de fraguado(horas) a 20°C</b>
control	-
100	1
150	1,7
200	2,5
250	3,3
300	4,5
350	6
400	7
450	9

Fuente: DARATARD® 17 (2018)

- **Compatibilidad entre aditivos**

El DARATARD® 17 es compatible con todos los demás aditivos de GCP de aplicación al hormigón. En particular muestra un notable sinergismo con el aireante DAREX AEA® el cual puede ser utilizado en una dosis un 15 % inferior a la necesaria en su aplicación individual. Se aconseja aplicar los diferentes aditivos por separado.

- **Equipo dosificador**

GCP pone a disposición de sus clientes sistemas de dosificación adaptados a sus centrales de fabricación para garantizar la correcta aplicación del producto.

- **Dosificación**

(Ml/100 Kg cemento) Incremento del tiempo de fraguado (horas) a 20°C.

- **Control de la hidratación**

El DARATARD® 17, aunque no modifica el calor de hidratación total desarrollado durante la reacción química entre el cemento y el agua, sí tiene un fuerte efecto consistente en la reducción de la velocidad de generación de calor, diluyéndolo en el tiempo y eliminando o reduciendo en gran medida los máximos de temperatura, dado que el calor producido se disipa mucho más fácilmente. El gráfico adjunto ilustra la típica influencia del Daratard 17 sobre la velocidad de generación y disipación del calor de hidratación.

- **Suministro**

El DARATARD® 17 se suministra a granel en cisterna, o en bidones de 250 Kg. No contiene sustancias inflamables. Ante una eventual congelación recupera sus características después de una agitación adecuada



Granulometría agregado combinado

Fuente. Framex (2018)

## **4.2 Fase II: Elaboración del diseño de la mezcla de Concreto de resistencia a la Compresión de 310 Kg/cm<sup>2</sup> con aditivo plastificante retardador.**

### **4.2.1 Diseño de la mezcla**

El diseño de mezcla seleccionado para la investigación es el establecido en la norma COVENIN 1753-2006 Proyecto y Construcción de obras en Concreto estructural, el cual toma en cuenta todos los aspectos en cuanto a peso y absorción de los materiales y además a ello es la norma usada en Venezuela en estos casos cuando se desea diseñar una mezcla en condiciones óptimas, Es importante resaltar que todas las fórmulas usadas fueron extraídas del Manual del Concreto Estructural. Porrero y otros. SIDETUR: Caracas (2009) como guía, cuyos resultado.

#### **1. Cantidad de cemento para 1 m<sup>3</sup> de concreto**

Utilizamos 360 kg de cemento (donde el mínimo recomendado para concreto sometido a desgaste es 350 Kg.m<sup>3</sup>)

#### **2. Relación agua cemento (A/C)**

De la tabla de la Ley de Abrams se selecciono la relación de 0,35

#### **3. Determinación de la Resistencia promedio a la Compresion (F'c)**

Establecido en la Norma COVENIN 1753:2006. Proyecto y construcción de obras en concreto estructural (p - 30). FONDONORMA Caracas (2006) Numeral 7.2 (pág. 12).

.fd (pag.12)

Donde:

$f'c$  = Resistencia de diseño = 310 Kg/cm<sup>2</sup>

Desviación estándar de espera en el concreto según grado control es de 35 Kg/cm<sup>2</sup>

fd= Fracción defectuosa = 1,283

.1, 283=354,91 Kg/cm<sup>2</sup>

#### 4. Calculo de la proporción de arena (b)

Las fórmulas usadas fueron extraídas del Manual del Concreto Estructural. Porrero y otros. SIDETUR: Caracas (2009). Se procedió a calcular la proporción de A y G ( Arena y Piedra) asumiendo para un primer diseño 50 % Arena y 50 % Piedra pero al ensayar a las 24 horas los cilindros quedaban con muchos vacíos, por lo cual fue fallido este primer muestreo (Ver figura 10).



Muestreo 1. Probetas con gran cantidad de vacíos

Fuente. Framex (2018)

Luego se procedió al cambio de proporción (A+G) 55 % arena y 45% de piedra

— (%)

Proporción arena

Proporción Piedra =  $100 - 55\% = 45\%$

Donde

A. Arena?

G. Piedra

### 5. Relación Volumétrica para verificación de 1 m<sup>3</sup>.

Cemento 360 kg

Arena = 1109

Piedra 908

Agua = 126 lts.

Aditivo 1000 cc

- Agua (a)

Se calculo en base a la relación agua cemento

$a/C = 0,35$  despejamos  $a = 126$  lts

- Arena (A)

— *g*

Donde

$C_c =$  Cantidad cemento = 360 Kg

$a =$  agua = 126

Sustituyendo valores

( ————— )

Primera mezcla proporción igual de arena y piedra

A= 1008 lts. Arena y 1007 lts. Piedra

Segunda mezcla proporción

A= 1109 lts. Arena y 908 lts. Piedra

### Porcentaje de aire o aire atrapado

—————

### Volumen total

$$\text{Volumen total} = \frac{g}{\bar{n}}$$

$$114,28 + 428,34 + 328,84 + 14,17 + 126 + 1 = 1012,63 \text{ lts}$$

**Volumen del cilindro = 530 cc**

### Densidad del concreto

—————

1 m<sup>3</sup> de concreto es 2430 Kg. De CCR

### 4.2.2 Elaboración de las mezclas antes mencionado

El procedimiento seguido para la elaboración de la muestra diseñada se resume a continuación:

1. Pesado de los materiales arena, piedra, cemento, agua y el aditivo.
2. Mezclado en el trompo encendido de la arena y la piedra hasta unirse.
3. Colocación del cemento en el trompo en movimiento.
4. Incorporación del aditivo en el agua y agregamos a la composición anterior hasta unir todos los elementos.
5. Cronometrar tres minutos una vez acoplados todos los elementos, se detiene el trompo dos 2 minutos y volver a encender tres (3) minutos para terminar el proceso.
6. Colocar la muestra en la carretilla
7. Trasladar la muestra al laboratorio
8. Proceder al llenado de ,las probetas

En las 7, 8,9 y 10 se visualizan este proceso en ejecución de los investigadores.



**Figura 11.**Preparación de la mezcla para la toma de probetas  
**Fuente.** Los autores (2018)



.Preparación de la mezcla para la toma de probetas  
Fuente. Los autores (2018)



Preparación de la mezcla para la toma de probetas  
**Fuente.** Los autores (2018)



Fuente. Los autores (2018)

### **4.3 Fase III: Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en probetas de 2 días (48 Horas), 7 Y 28 días de tiempo**

Siguiendo con lo establecido en la Norma COVENIN 1896-82 “Métodos de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de concreto y mortero liviano aislante”, resumida de la manera siguiente:

#### **4.3.1 Toma de Muestra**

1. Confección de barra compactadora de 80 centímetros de acero inoxidable con dos discos soldados del mismo material cuyo peso total es de 7,955 Kg , donde el peso de la barra sola 6,32 Kg la cual fue elaborada por los autores

2. Preparación de los molde de 15 cm de diámetro y de 30 cm de altura previamente lubricados para evitar la adherencia del concreto en los mismos Llenado de 6 cilindros (probetas) y 1 cilindro (testigo) este ultimo por si acaso alguna probeta presentara problema, con la mezcla diseñada, cabe destacar que el llenado fue realizado en una secuencia de 3 capas es decir 1/3 compactadas por 25

golpes cada uno con la barra especial confeccionada por los autores., repitiendo este proceso con 16 mezclas.

3. Seguidamente se enrasaron las probetas de manera que la superficie quedara suficientemente lisa y al ras con el borde del molde .



. Medición de la barra compactadora de 80 cms  
Fuente. Los autores (2018)



Fuente. Los autores (2018)



Fuente. Los autores (2018)



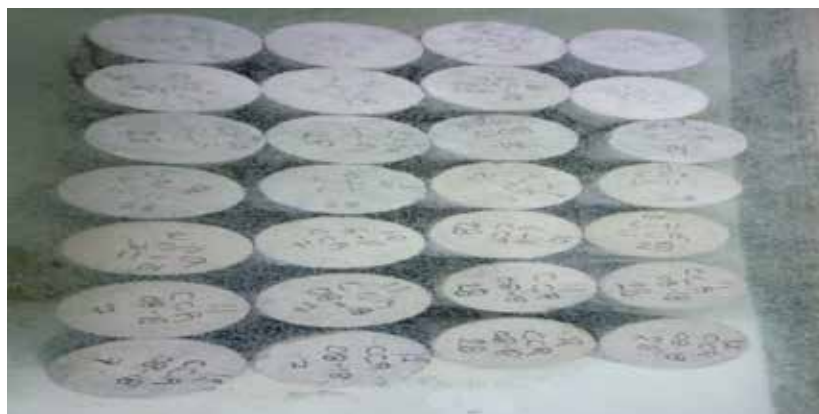
Fuente. Los autores (2018)



Fuente. Los autores (2018)

#### **4.3.2 Curado de probetas**

Las probetas se desencofraron a las 24 horas después de su toma se colocaron los siguientes datos: fecha de fabricación, altura, diámetro y peso, Esta parte se realizó la inmersión en agua saturada de cal tanto en obra con probetas recién moldeadas como en laboratorio hasta la edad de ensayo.



Fuente. Los autores (2018)

### 4.3.3 Ruptura de las probetas

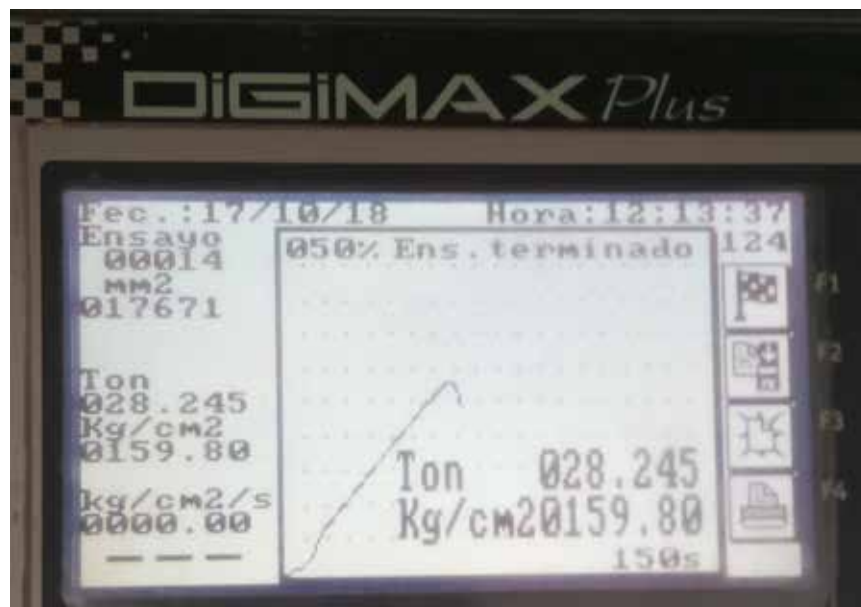
Las probetas sumergidas en agua, se extrajeron para que perdieran la humedad antes de su rotura, en un tiempo máximo trascurrido de su extracción menor a 3 horas, luego se procedió a obtener el peso de cada probeta y procedimos a colocar la probeta en forma muy cuidadosa en el plato inferior de la prensa centrándola con ayuda de las marcas de referencia, seguidamente se aproximaron los platos de la prensa de forma que el superior se coloque perfectamente en la cara superior de la probeta sin atribuirle carga a ésta y se aplicó una carga de forma continua y sin choques bruscos, de manera que el aumento de tensión medio sobre la probeta sea de  $5 \pm 2 \text{ kgf/cm}^2/\text{s}$ . En estas condiciones se sigue aplicando carga hasta que la probeta deforme rápidamente y finalmente se anotó la carga máxima obtenida en el momento de rotura.



**Figura 23.**Ruptura de probetas a la Compresion, Laboratorio Empresa Framex  
**Fuente.** Los autores (2018)



.Ruptura de probetas a la Compresion, Laboratorio Empresa Framex  
**Fuente.** Los autores (2018)



**Figura 25.** Resultados de Resistencia a la compresión en probetas  
**Fuente.** Los autores (2018)

#### **4.3.4 Resultados de las prueba a compresión**

A continuación se presenta los siguientes cuadros correspondiente a los resultados obtenidos de los ensayos a compresión, destacando el muestreo, número de las probetas, edades, peso y la resistencia obtenida. Los cuales se resumen en los cuadros 7,8 ,9 y 10 especificando los treinta (30) ensayos realizados , siguiendo lo especificado en la Norma 1976-2003 con toma de dos Probetas 1 y su 1” en edades de 2días (48 Hs), 7 y 28 días para ensayos de Compresión del Concreto Compactado con Rodillo (CCR) de resistencia 310 Kg/cm2 realizados en la empresa FRAMEX,

De acuerdo a lo especificado en el numeral **7.5 Aspectos del control de la Norma COVENIN 1976:2003**, donde Especifica que para determinar los parámetros estadísticos entre las diferentes mezclas de un mismo tipo de concreto, cada muestra del material se le deben hacer como mínimo dos pruebas idénticas, cuyo resultado vendrá dado por el valor promedio de las dos o más.

}

**Cuadro 7.** Muestreos del 1 al 7 de Probetas 1 y 1" de edades 2, 7 y 28 días para ensayos de Compresión del Concreto Compactado con Rodillo (CCR) de resistencia 310 Kg/cm2 realizados en la empresa FRAMEX.

MUESTRA	DIAS	PROBETA 1			PROBETA 1"		
		PESO	PESO KG/CM2	PESO UNITARIO	PESO	PESO KG/CM2	PESO UNITARIO
F	48			0,00			0,00
	7	12,382	171	2,34	12,260	189,30	2,31
	28	12,450	171.91	2,35	12,340	217,85	2,33
1	48	12,904	255	2,43		249	0,00
	7	12,708	289	2,40	12,739	276	2,40
	28	12,985	356	2,45	12,877	368	2,43
2	48	12,888	264	2,43	12,900	256	2,43
	7	12,947	283	2,44	12,887	293	2,43
	28	12,814	368	2,42	13,100	379	2,47
3	48		270	0,00		262	0,00
	7	12,949	306	2,44	13,097	312	2,47
	28	12,948	350	2,44	13,053	355	2,46
4	48	12,937	298	2,44	12,903	316	2,43
	7	12,845	365	2,42	12,945	342	2,44
	28	12,989	417	2,45	12,968	435	2,45
5	48	12,845	244	2,42	12,738	256	2,40
	7	12,883	329	2,43	12,812	340	2,42
	28	12,890	381	2,43	12,797	391	2,41
6	48		253	0,00		329	0,00
	7	13,059	329	2,46	13,030	312	2,46
	28	13,080	375	2,47	13,000	371	2,45
7	48		248	0,00		259	0,00
	7	12,944	323	2,44	12,948	342	2,44
	28	13,075	396	2,47	13,076	384	2,47

Fuente. Los autores 2018

**Cuadro 8.** Muestreos del 8 al 15 de Probetas 1 y 1" de edades 2, 7 y 28 días para ensayos de Compresión del Concreto Compactado con Rodillo (CCR) de resistencia 310 Kg/cm<sup>2</sup> realizados en la empresa FRAMEX.

MUESTRA	DIAS	PROBETA 1			PROBETA 1"		
		PESO	PESO KG/CM2	PESO UNITARIO	PESO	PESO KG/CM2	PESO UNITARIO
8	48		262	0,00		254	0,00
	7	13,054	330	2,46	13,032	317	2,46
	28	13,130	360	2,48	13,007	369	2,45
9	48	12,937	253	2,44		250	0,00
	7	13,018	315	2,46	13,031	302	2,46
	28	12,887	367	2,43	13,126	353	2,48
10	48		271	0,00		280	0,00
	7	12,934	335	2,44	12,829	341	2,42
	28	13,017	396	2,46	13,175	406	2,49
11	48		266	0,00		270	0,00
	7	12,990	298	2,45	12,737	315	2,40
	28	12,841	326	2,42	13,025	339	2,46
12	48		240	0,00		248	0,00
	7	12,757	292	2,41	12,994	281	2,45
	28	12,920	373	2,44	12,980	371	2,45
13	48		269	0,00		275	0,00
	7	12,965	327	2,45	12,994	330	2,45
	28	12,970	399	2,45	12,860	392	2,43
14	48		256	0,00		264	0,00
	7	12,882	302	2,43	12,910	286	2,44
	28	12,853	345	2,43	12,824	370	2,42
15	48		268	0,00		275	0,00
	7	12,694	317	2,40	12,801	308	2,42
	28	12,74	349	2,40	12,854	367	2,43

Fuente. Los autores 2018

**Cuadro 9.** Muestreos del 16 al 23 de Probetas 1 y 1'' de edades 2, 7 y 28 días para ensayos de Compresión del Concreto Compactado con Rodillo (CCR) de resistencia 310 Kg/cm<sup>2</sup> realizados en la empresa FRAMEX.

MUESTRA	DIAS	PROBETA 1			PROBETA 1''		
		PESO	PESO KG/CM2	PESO UNITARIO	PESO	PESO KG/CM2	PESO UNITARIO
16	48	12,668	215	2,39		220	0,00
	7	12,758	302.46	2,41	12,659	299.23	2,39
	28	12,639	362	2,38	12,651	358	2,39
17	48	263	263	49,62		253	0,00
	7	263,000	317	49,62	12,801	308	2,42
	28	12,74	349	2,40	12,854	367	2,43
18	48	12,668	254	2,39		248	0,00
	7	12,758	302.46	2,41	12,659	299.23	2,39
	28	12,639	362	2,38	12,651	358	2,39
19	48		268	0,00		275	0,00
	7	12,694	317	2,40	12,801	308	2,42
	28	12,74	349	2,40	12,854	367	2,43
20	48	12,668	215	2,39		220	0,00
	7	12,758	302.46	2,41	12,659	299.23	2,39
	28	12,639	362	2,38	12,651	358	2,39
21	48		268	0,00		275	0,00
	7	12,694	317	2,40	12,801	308	2,42
	28	12,74	349	2,40	12,854	367	2,43
22	48	12,668	215	2,39		220	0,00
	7	12,758	302.46	2,41	12,659	299.23	2,39
	28	12,639	362	2,38	12,651	358	2,39
23	48		268	0,00		275	0,00
	7	12,694	317	2,40	12,801	308	2,42
	28	12,74	349	2,40	12,854	367	2,43

Fuente. Los autores 2018

**Cuadro 10.** Muestreos del 24 al 30 de Probetas 1 y 1" de edades 2, 7 y 28 días para ensayos de Compresión del Concreto Compactado con Rodillo (CCR) de resistencia 310 Kg/cm<sup>2</sup> realizados en la empresa FRAMEX.

MUESTRA	DIAS	PROBETA 1			PROBETA 1"		
		PESO	PESO KG/CM2	PESO UNITARIO	PESO	PESO KG/CM2	PESO UNITARIO
24	48	12,668	215	2,39		220	0,00
	7	12,758	302.46	2,41	12,659	299.23	2,39
	28	12,639	362	2,38	12,651	358	2,39
25	48		268	0,00		275	0,00
	7	12,694	317	2,40	12,801	308	2,42
	28	12,74	349	2,40	12,854	367	2,43
26	48	12,668	215	2,39		220	0,00
	7	12,758	302.46	2,41	12,659	299.23	2,39
	28	12,639	362	2,38	12,651	358	2,39
27	48		268	0,00		275	0,00
	7	12,694	317	2,40	12,801	308	2,42
	28	12,74	349	2,40	12,854	367	2,43
28	48	12,668	215	2,39		220	0,00
	7	12,758	302.46	2,41	12,659	299.23	2,39
	28	12,639	362	2,38	12,651	358	2,39
29	48		268	0,00		275	0,00
	7	12,694	317	2,40	12,801	308	2,42
	28	12,74	349	2,40	12,854	367	2,43
30	48		268	0,00		275	0,00
	7	12,694	317	2,40	12,801	308	2,42
	28	12,74	349	2,40	12,854	367	2,43

Fuente. Los autores 2018

### 4.3.5 Estudio de la desviación estándar de 2 probetas compañeras

En el punto 7.4.1 de la Norma COVENIN 1976:2003 destaca que para estimar la desviación estándar entre sólo dos probetas compañeras el procedimiento más adecuado es del rango ponderado, indicado en el punto 6.2.2.3, al cual corresponderá un factor  $K_2$  de ponderación que según la Tabla 3, es de 0,8865. El rango  $d_i$ , será aquí la diferencia (en valor absoluto) entre las resistencias de las dos probetas compañeras, siendo el rango promedio  $d$ , para  $n$  ensayos  $n$  pareja (pág. 15)

$$d_{prom.} = \frac{d_i}{n} \quad \text{y} \quad Se = 0,8865 \cdot d_{prom.}$$

Los resultados obtenidos se resumen en el Cuadro 11 y 12 cuyos cálculos fueron realizados de acuerdo a la normativa mencionada a continuación se detalla un ejemplo del mismo:

-Promedio de probeta ( $Prom_1$ )

$$Prom_1 = \frac{L_M + L_m}{2} = \frac{255 + 249}{2} = 252$$

-Rango ( $d_i$ )

$$d_i = L_M - L_m = 255 - 249 = 6$$

-Desviación ( $Se$ )

$$Se_1 = 0,8865 \cdot d_i = 0,8865 \cdot 6 = 5,319$$

-% Resistencia

$$\% \text{ Resistencia} = \frac{R}{P} \cdot 100 = \frac{252}{250} \cdot 100 = 100,8\%$$

- % Incremento

$$\% \text{ Incremento} = \frac{Se}{P} \cdot 100 = \frac{5,319}{250} \cdot 100 = 2,1276\%$$

- Desviación media (s) 2 días  $S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2 \cdot f_i}{n}} = 17$  (Excel)

**Cuadro 11.**Desviación estándar entre dos probetas compañeras de edades 2, 7 y 28 días para ensayos de Compresión del Concreto Compactado con Rodillo (CCR) de resistencia 310 Kg/cm<sup>2</sup> realizados en la empresa FRAMEX.

Muestreo	2	2"	Prom <sub>2</sub>	d	Se	% res	7	7"	Prom <sub>7</sub>	d	Se	% res	% increm	28	28"	Prom <sub>28</sub>	d	Se	% res	% increm
1	255	249	252	6	5	81	289	276	283	13	12	91	10	356	368	362	12	11	117	26
2	264	256	260	8	7	84	283	293	288	10	9	93	9	368	379	374	11	10	120	28
3	270	262	266	8	7	86	306	312	309	6	5	100	14	350	355	353	5	4	114	14
4	298	316	307	18	16	99	365	342	354	23	20	114	15	417	435	426	18	16	137	23
5	244	256	250	12	11	81	329	340	335	11	10	108	27	381	391	391	10	9	126	18
6	253	267	260	14	12	84	329	312	321	17	15	103	20	375	371	373	4	4	120	17
7	248	259	254	11	10	82	323	342	333	19	17	107	25	396	384	390	12	11	126	19
8	262	254	258	8	7	83	330	317	324	13	12	104	21	360	369	365	9	8	118	13
9	253	250	252	3	3	81	315	302	309	13	12	100	18	367	353	360	14	12	116	17
10	271	280	276	9	8	89	335	341	338	6	5	109	20	396	406	401	10	9	129	20
11	266	270	268	4	4	86	298	315	307	17	15	99	12	326	339	333	13	12	107	8
12	240	248	244	8	7	79	292	281	287	11	10	92	14	373	371	372	2	2	120	28
13	269	275	272	6	5	88	327	330	329	3	3	106	18	373	371	372	2	2	120	14
14	256	264	260	8	7	84	302	286	294	16	14	95	11	345	370	358	25	22	115	20
15	268	275	272	7	6	88	317	308	313	9	8	101	13	348	367	358	19	17	115	15

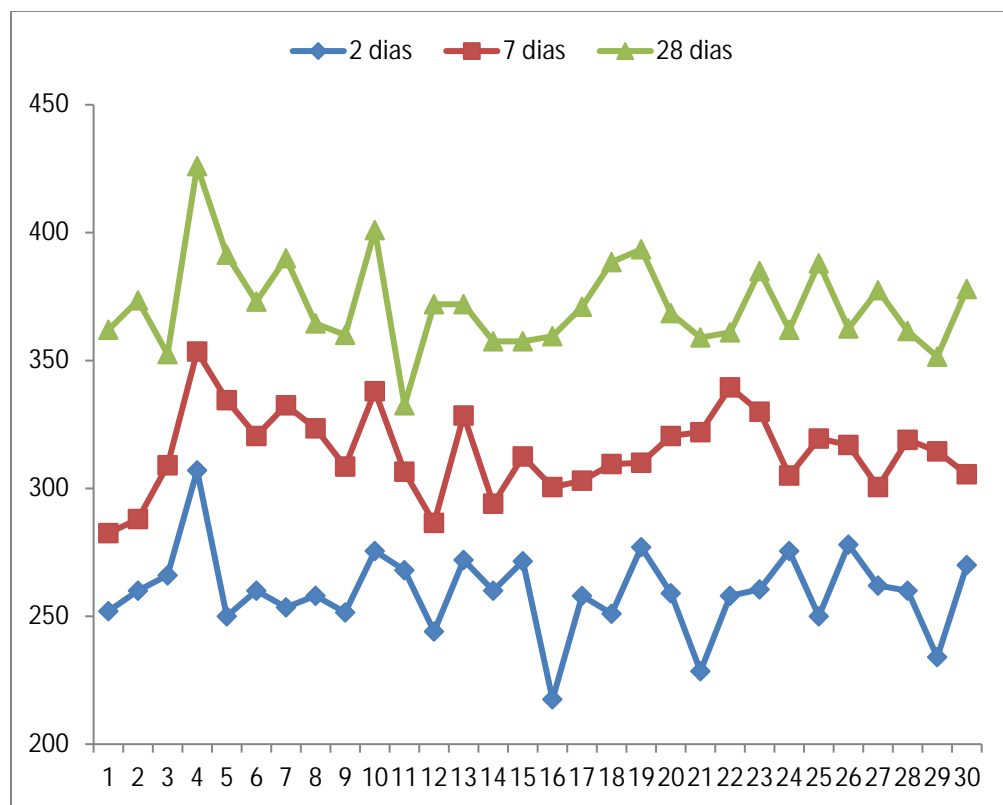
Fuente. Los autores (2018)

**Cuadro 12.** Desviación estándar entre dos probetas compañeras de edades 2, 7 y 28 días para ensayos de Compresión del Concreto Compactado con Rodillo (CCR) de resistencia 310 Kg/cm<sup>2</sup> realizados en la empresa FRAMEX.

Muestreo																				
	2	2"	Prom <sub>2</sub>	d	Se	% res	7	7"	Prom <sub>7</sub>	d	Se	% res	% increm	28	28"	Prom <sub>28</sub>	d	Se	% res	% increm
16	215	220	218	5	4	70	302	299	301	3	3	97	27	361	358	360	3	3	116	19
17	263	253	258	10	9	83	296	310	303	14	12	98	15	374	368	371	6	5	120	22
18	254	248	251	6	5	81	305	314	310	9	8	100	19	385	392	389	7	6	125	25
19	272	282	277	10	9	89	312	308	310	4	4	100	11	398	389	394	9	8	127	27
20	255	263	259	8	7	84	325	316	321	9	8	103	20	360	377	369	17	15	119	15
21	225	232	229	7	6	74	316	328	322	12	11	104	30	362	356	359	6	5	116	12
22	256	260	258	4	4	83	331	348	340	17	15	110	26	365	357	361	8	7	116	7
23	258	263	261	5	4	84	328	332	330	4	4	106	22	383	387	385	4	4	124	18
24	272	279	276	7	6	89	299	311	305	12	11	98	10	366	358	362	8	7	117	18
25	243	257	250	14	12	81	317	322	320	5	4	103	22	394	382	388	12	11	125	22
26	272	284	278	12	11	90	320	314	317	6	5	102	13	360	365	363	5	4	117	15
27	261	263	262	2	2	85	295	306	301	11	10	97	12	375	380	378	5	4	122	25
28	264	256	260	8	7	84	313	325	319	12	11	103	19	360	363	362	3	3	117	14
29	238	230	234	8	7	75	309	320	315	11	10	101	26	344	359	352	15	13	113	12
30	269	271	270	2	2	87	311	300	306	11	10	99	11	383	372	378	11	10	122	23
	Prom	260				84			314			101	18			372			120	18
	s	17							17							18				

Fuente: Los autores (2018)

Al representar gráficamente se observa la variabilidad de la resistencia del concreto a la compresión en las 30 muestras, (ver grafico 26) , en la cual se observa que a los 2 días (8 hrs) oscilan entre 218 y 307 Kg/cm<sup>2</sup> cuyo valor promedio alcanzado fue 260 Kg/cm<sup>2</sup> lo cual equivale a un 84% del valor de la resistencia esperada, así mismo a los 7 días dichos valores oscilan entre 283 y 354 con un valor promedio de 314 Kg/cm<sup>2</sup> superando en un 1% al valor esperado y finalmente a los 28 días dichos valores oscilan entre 362y 426 con un valor promedio de 372 Kg/cm<sup>2</sup> superando en un 20% al valor esperado



**Figura 26.** Variabilidad de e Resistencia a la compresión en probetas en edades comprendidas de 2 (48 Hs) ,7 y 28 días.

**Fuente.** Los autores (2018)

#### 4.3.6 Control estadístico del concreto

**Cuadro 13.**Control estadístico del Concreto C.C.R de resistencia 310.

Producto (f'c)	310	<b>Asentamiento</b>	0
Periodo			
Edad	<b>48 horas</b>	<b>7 días</b>	<b>28 días</b>
Promedio Kg/cm <sup>2</sup>	260	314	372
Desviación (S)	17	17	18
N° de Muestras	30	30	30
fractil %	100	43	0
des ensayo (Se)	7	10	8
Lmax	307	354	426
Lmin	218	283	333
% al Rc solicitada	84	101	120
Incremento %		18	18

Fuente : Los autores (2018)

Destacando lo siguiente:

- 1) La resistencia de diseño a la compresión es de 310 Kg/cm<sup>2</sup>
- 2) El asentamiento es cero, debido a que el concreto C.C. R tiene una consistencia seca y de trabajabilidad la cual se consolida por vibración externa con rodillos vibratorios o equipos vibro-compactadores.
- 3) Las edades del concreto considerada en el presente estudio fue de 48 hs o 2, 7 y 28 días para observar su la resistencia.
- 4) Los valores promedio de la resistencia del concreto a la compresión alcanzado fueron 260 Kg/cm<sup>2</sup> (48 hs), 314 Kg/cm<sup>2</sup> ( 7 días) y 372 Kg/cm<sup>2</sup> ( 28 días).
- 5) La desviación típica(S) indica que los datos se encuentran alrededor de la media a las 48 horas oscilan entre 243 y 277, a los 7 días oscilan entre 297 y 331 y a los 28 días entre 354 y 390.
- 6) El numero de muestras consideradas fue de 30 .
- 7) En relación al fractil de 48 horas fue 100 % indica que los valores de resistencia a la compresión de las muestras fueron menor a la de diseño, en relación a los 7 días el valor de 43,3 % señala que 13 valores de 30 muestras están por debajo

del valor de diseño y por último a los 28 días alcanzo un valor de 0 % lo que muestra que todo los valores están por encima del valor de diseño.

8) En relación a la desviación (Se) de muestras idénticas obtenida a la 28 días fue de 8 y según lo especificado en la Tabla 6 en punto 7.6.1.4 de la Norma el valor obtenido se considera como “usual”.

9) Los Rango de amplitud de la resistencia a los 2 días (8 hrs) oscilan entre 218 y 307 Kg/cm<sup>2</sup>, a los 7 días fluctúan entre 283 y 354 Kg/cm<sup>2</sup> y finalmente a los 28 días entre 362y 426 Kg/cm<sup>2</sup>.

10) En cuanto al porcentaje de resistencia solicitada a los 2 días alcanzo un 84% del valor de la resistencia esperada, así mismo a los 7 días fue 101% superando en un 1% al valor esperado y finalmente a los 28 días fue 120 % superando en un 20% al valor esperado.

11) En relación al incremento el valor promedio alcanzado a los 2 días fue 260 Kg/cm<sup>2</sup> incrementándose dicho valor a los 7 días un 18 % y este ultimo valor se incremento de manera igual a los 28 días

#### **4.3.7 Comprobación del Concreto CCR a la distribución Normal**

Para ello se ordenaron los valores de resistencia de menor a mayor para las edades (2,7 y 28 días), se calculo la distribución normal mediante la siguiente relación y se realizo las graficas correspondientes (ver cuadro 14 y gráficos 27,28 y 29)

---

#### **Donde:**

Ds) Desviación estándar

Xpro= promedio

Xi =Resistencia del ensayo

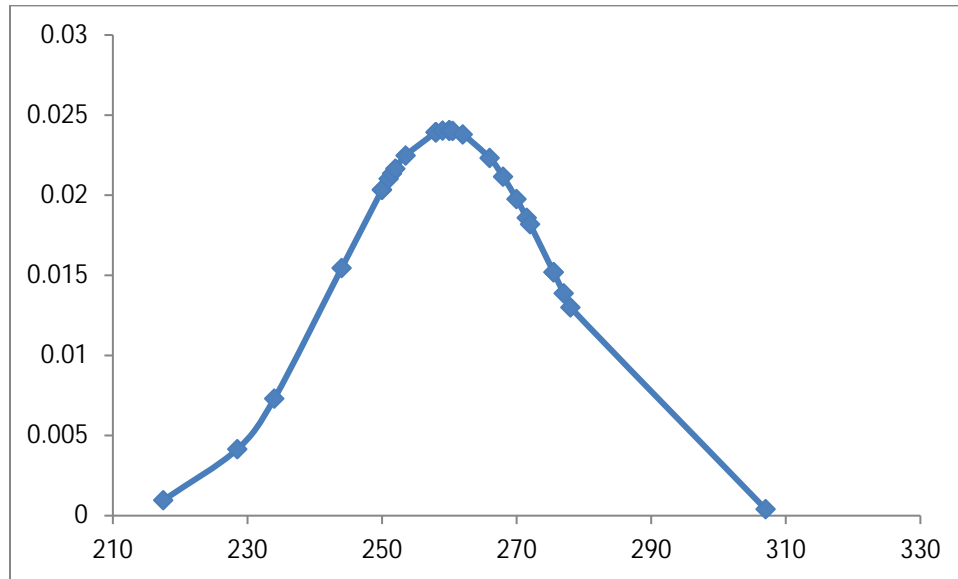
E= 2,71826

Pi= 3,1416

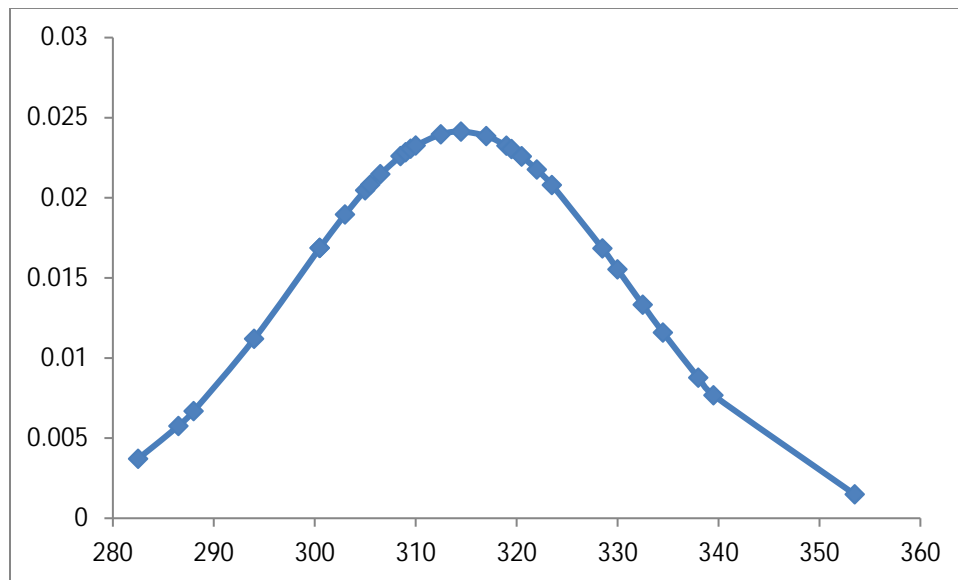
**Cuadro 14.** Resistencia del Concreto CCR a la compresión se ajusta a la Distribución Normal

1	218	282,5	332,5	0,00096	0,00371	0,00211
2	229	286,5	351,5	0,00415	0,00576	0,01180
3	234	288	352,5	0,00731	0,00669	0,01253
4	244	294	357,5	0,01545	0,01120	0,01616
5	250	300,5	357,5	0,02034	0,01687	0,01616
6	250	300,5	359	0,02034	0,01687	0,01719
7	251	303	359,5	0,02102	0,01896	0,01752
8	252	305	360	0,02135	0,02047	0,01784
9	252	305,5	361	0,02165	0,02082	0,01847
10	254	306,5	361,5	0,02248	0,02148	0,01876
11	258	308,5	362	0,02394	0,02260	0,01905
12	258	309	362	0,02394	0,02284	0,01905
13	258	309,5	362,5	0,02394	0,02306	0,01933
14	259	310	364,5	0,02403	0,02326	0,02032
15	260	312,5	368,5	0,02404	0,02396	0,02166
16	260	314,5	371	0,02404	0,02413	0,02200
17	260	317	372	0,02404	0,02386	0,02201
18	260	319	372	0,02404	0,02325	0,02201
19	261	319,5	373	0,02401	0,02305	0,02196
20	262	320,5	373,5	0,02380	0,02259	0,02191
21	266	320,5	377,5	0,02232	0,02259	0,02093
22	268	322	378	0,02115	0,02176	0,02074
23	270	323,5	385	0,01976	0,02080	0,01685
24	272	328,5	388	0,01859	0,01685	0,01472
25	272	330	388,5	0,01819	0,01553	0,01436
26	276	332,5	390	0,01519	0,01333	0,01325
27	276	334,5	391,34	0,01519	0,01159	0,01227
28	277	338	393,5	0,01387	0,00877	0,01071
29	278	339,5	401	0,01300	0,00768	0,00598
30	307	353,5	426	0,00041	0,00149	0,00025
prom	260	314	372			
Des	17	17	18			

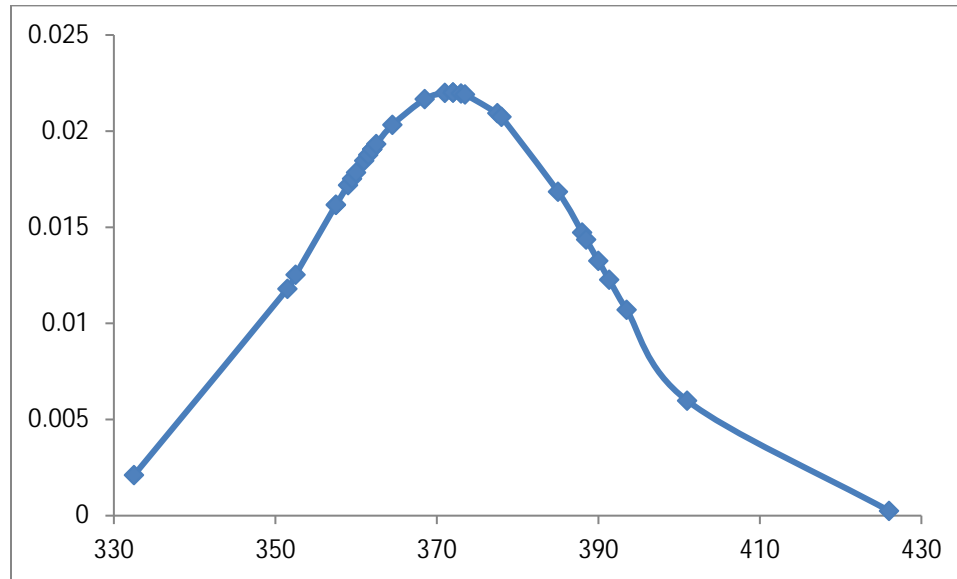
Fuente : Los autores (2018)



**Figura 27.** Distribución normal del concreto CCR de Resistencia a la compresión a 48 hrs (2 días)  
**Fuente:** Los autores (2018)



**Figura 28.** Distribución normal del concreto CCR de Resistencia a la compresión a 7 días  
**Fuente:** Los autores (2018)



**Figura 29.**Distribución normal del concreto CCR de Resistencia a la compresión a 28 días  
**Fuente:** Los autores (2018)

**Interpretación:**

En las figuras 27,28 y 29 se puede observar que la resistencia del concreto se ajusta a la distribución Normal (Campana de Gauss) la cual es simétrica respecto a la media y asintótica respecto al eje de las abscisas y la forma y tamaño depende de la desviación estándar según la edad del concreto a las 48 horas, 7 y 28 días.

**4.4 Fase IV Comparar los beneficios y limitaciones que presenta los diseños de mezclas de Concreto Compactado con Rodillo (CCR) con respecto al concreto convencional en la construcción de pavimento rígido.**

**4.4.1 Beneficios del diseño de mezcla de Concreto (CCR) con respecto al convencional en la construcción de pavimento rígido**

1. El asentamiento cero, debido a su consistencia seca y de trabajabilidad tal que se consolida por vibración externa con rodillos vibratorios o equipos vibro-compactadores.

2. Baja relación agua/cemento entre 0,30 y 0,40
3. El consumo de cemento puede variar entre 40 a 380 Kg/m<sup>3</sup>
4. No requiere formaleas ni refuerzo metálico
5. Por ser una mezcla más seca que la del concreto tradicional, su instalación es más rápida.
6. Las diferencias entre las propiedades del CCR endurecido y el concreto convencional obedecen básicamente a las diferencias en las proporciones de la mezcla, la granulometría y el contenido de vacíos.
7. Se obtienen mezclas de alta densidad y baja absorción
8. Por su bajo contenido de agua reduce la permeabilidad, al mismo tiempo mejora la durabilidad del pavimento
9. CCR permiten soportar el tránsito circulando directamente sobre ellos sin protección superficial
10. Soporta tráfico pesado y cargas concentradas
11. Permite apertura rápida al tráfico ligero 48 horas después de su colocación
12. Optimiza el proceso de construcción y reduce costos de mantenimiento.
13. Alta reflectividad solar que reduce la temperatura ambiental y consumos energéticos de la vía.
14. Debido a la utilización de plantas dosificadoras de concreto en el lugar mismo de la obra y a la cercana distancia que tiene con el núcleo de aplicación del material, los aspectos climatológicos no causan problemas serios en sus características físicas, químicas y mecánicas, puesto que no se llegan a provocar contracciones por alto calor de hidratación (fraguados prematuros) ni expansiones por efectos contrarios, además de variaciones considerables en el revenimiento requerido, respetando consigo las tolerancias pre-establecidas
15. El proceso de construcción de CCR implica una colocación casi continua de material.

16. Los pavimentos de CCR son una tecnología que envuelve el uso de materiales y equipos de construcción convencionales en una aplicación no convencional, el resultado es una economía de tiempo en la construcción del pavimento, lo que influye significativamente en los costos de éste.

17. En el caso de obras menores sometidas a tráficos livianos, el CCR puede ser colocado con la maquinaria tradicional utilizada en movimiento de tierras, (moto niveladora, rodillo vibratorio y rodillo neumático).

18. En el caso de obras mayores, donde el tráfico sea medio y se requiera una buena terminación superficial, el equipo utilizado puede ser el comúnmente usado en obras de pavimentación asfáltica (finisher, rodillo vibratorio y rodillo neumático)

19. Alta capacidad de soporte inicial, lo que le permite al pavimento ser liberado al tráfico después de su terminación.

20. Se cura con agua, emulsión asfáltica o compuesto de curado.

21. Alto volumen de producción, alta resistencia y durabilidad, alta capacidad de carga y deformación mínima de la superficie

22. Retracción por secado el cambio de volumen potencial debido a la pérdida de humedad o retracción de secado, es significativamente más bajo en el concreto compactado con rodillo debido a su menor contenido en agua de amasado frente al de un concreto convencional.

23. En su aplicación de pavimentos, el CCR es un concreto de muy baja consistencia que alcanza valores elevados de densidad gracias a la compactación mediante rodillos vibratorios que recibe.

24. Es elaborado con equipos de fabricación continua y transportado en camiones tolva, ya en el terreno se esparce con motoniveladora o extendedora convencional de alta densidad dependiendo del grado de compactación requerido.

25. En relación a las juntas longitudinales, las de construcción en lo posible deben ser evitadas, para lo cual se recurre normalmente al uso de aditivos retardadores de fraguado para aumentar el período de trabajabilidad del CCR. Como

material de sellado de las juntas, pueden ser utilizados los sellantes normalmente usados en pavimentos de concreto.

#### **4.4.2 Limitaciones de Concreto CCR con respecto al convencional**

1. Requiere un buen control de fabricación y en obra, fundamentalmente de la humedad, terminación superficial y resistencias.

2. Con los equipos comúnmente utilizados en movimientos de tierra, un acabado superficial exigente del CCR es difícil de ejecutar para que cumplan las exigencias de las carreteras de importancia.

3. Cuando la terminación de un pavimento, que trabajará como revestimiento, no es adecuada y/o el curado es deficiente, el CCR sufrirá un desgaste superficial acelerado.

4. Al requerirse un alto grado de compactación para alcanzar las resistencias del proyecto, si no se dispone de equipos adecuados, se deberán efectuar una gran cantidad de pasadas con rodillo vibrador.

5. CCR no tiene el mismo aspecto que otros tipos de concreto. No es tan estético y suave como el concreto convencional

6. Sensibilidad a las variaciones de humedad en el mezclado y extendido del material así como a los defectos de compactación se traducen en una considerable disminución de las resistencias.

7. Dificultad de conseguir una buena regularidad superficial extendiendo con moto niveladora.

8. Necesidad de colocación de una capa de rodadura asfáltica para tráficos importantes.

#### 4.4.3 Comparación valores de resistencia de concreto CCR y tradicional.

**Cuadro 15.**Comparación de Resistencia a la Compresión del concreto tradicional y el CCR

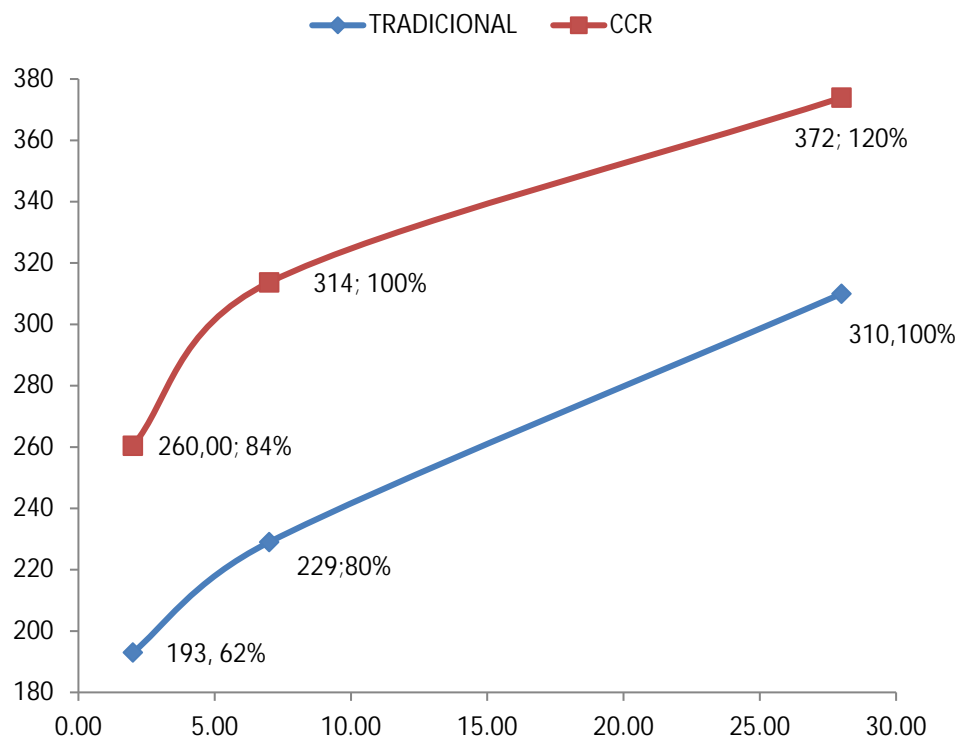
2,00	193	260
7	229	314
28	310	372

Fuente. Los autores (2018)

**Cuadro 16.**Variacion de Resistencia a la Compresión del concreto tradicional con la edad

Días	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )					
	180	210	250	280	300	310
3	112	131	156	175	187	193
4	118	138	164	184	197	204
5	124	144	172	192	206	213
6	129	150	179	200	214	221
7	133	155	185	207	222	229
8	137	160	190	213	229	236
9	141	164	196	219	235	243
10	144	168	200	225	241	249
11	148	172	205	230	246	254
12	151	176	209	234	251	259
13	153	179	213	239	256	264
14	156	182	217	243	260	269
15	158	185	220	246	264	273
16	161	187	223	250	268	277
17	163	190	226	253	271	280
18	165	192	229	256	275	284
19	167	194	232	259	278	287
20	169	197	234	262	281	290
21	170	199	236	265	284	293
22	172	200	239	267	286	296
23	173	202	241	270	289	299
24	175	204	243	272	291	301
25	176	206	245	274	294	303
26	177	207	246	276	296	306
27	179	209	248	278	298	308
28	180	210	250	280	300	310
29	181	211	251	282	302	312
30	182	213	253	283	304	314
31	183	214	254	285	305	316

Fuente: Normas MOP 1967(1322)



**Figura 30.** Resultados de resistencia de una mezcla de concreto CCR y tradicional  
Fuente. Los autores (2018)

Al comparar los resultados obtenidos con el concreto tradicional la resistencia a la Compresión es 193 Kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 2 días, equivalente a 62 % de la resistencia total ahora bien si la comparamos con el concreto CCR consiguió un valor de 260,00 Kg/cm<sup>2</sup> lo cual corresponde a un 84 % de la resistencia total, sobrepasando así en un 21% el valor esperado; de igual forma al contrastar los resultados obtenidos a los 7 días vemos que el concreto tradicional alcanza la resistencia de 229 kg/cm<sup>2</sup> equivalente a un 74% de la resistencia total en cambio el concreto CCR en ese mismo lapso ya ha alcanzado el valor establecido es decir 314 Kg/cm<sup>2</sup>, equivalente a un 101 %, es decir 1% más del valor esperado lo que indica un crecimiento muy rápido durante la primera semana y finalmente a la edad de 28 días el concreto tradicional alcanza su resistencia establecida de 310 kg/cm<sup>2</sup> y el

concreto CCR 374 % posee un 120% , es decir supera en 20% el valor esperado con un crecimiento más lento a partir de la segunda semana.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones

Entre las principales conclusiones que se derivan del presente estudio podemos destacar las siguientes:

Los materiales que se utilizaron en la producción de la mezcla para concreto CCR cumplieron con las especificaciones y requisitos mínimos que estipulan la norma COVENIN, así como el aditivo seleccionado Daratar 17 cuyas características es estar compuesto a base de polihidroxilados de alto grado de pureza, que no contiene cloruros, ayudando a retardar de esta manera controlada el fraguado del concreto con el objeto de obtener un producto de calidad, ya que la durabilidad de los pavimentos rígidos depende en gran medida de las características mecánicas de los materiales.

El valor promedio de la resistencia del concreto a la compresión alcanzado a las 48 horas fue de  $260 \text{ Kg/cm}^2$  equivalente a un 84 % de la resistencia de diseño, razón por la cual su incremento a este tiempo es muy rápido en comparación con el concreto convencional, lo cual se traduce en un gran beneficio ya que permiten de esta manera la apertura rápida al tráfico ligero en 24 horas después de su colocación.

En cuanto a los valores de la desviación (Se) de muestras idénticas obtenida a los 28 días de manera experimental en este estudio fue de 8 y según lo especificado en la Tabla 6 en punto 7.6.1.4 de la Norma el valor obtenido se considera como “usual” el muestreo realizado es decir aceptable.

Los resultados de la resistencia a la Compresion en el concreto CCR y comparado con un concreto tradicional corresponde a un 84 % de la resistencia total, sobrepasando así en un 21% al tradicional a los 2 días; de igual forma al contrastar

los resultados obtenidos a los 7 días alcanza el valor de diseño y a partir de este lapso el incremento se hace más lento a partir de la segunda semana.

El diseño de mezcla de concreto 310 Kg/cm<sup>2</sup> para pavimento se caracteriza por no presentar asentamiento, debido a su consistencia seca y de trabajabilidad tal que se consolida por vibración externa con rodillos vibratorios o equipos vibro-compactadores, igualmente la relación agua cemento fue 0,35 promedio de 0,3 a 0,40 con un consumo de cemento fue 360 Kg/m<sup>3</sup> obteniendo mezclas de alta densidad y baja absorción, con un bajo contenido de agua reduce la permeabilidad, al mismo tiempo mejora la durabilidad del pavimento

La resistencia a la Compresión de 310 Kg/cm<sup>2</sup> del concreto compactado con rodillo (CCR) realizada de manera experimental en los laboratorios de la empresa FRAMEX se ajusta a la distribución Normal (Campana de Gauss) la cual es simétrica respecto a la media y asintótica respecto al eje de las abscisas y la forma y tamaño depende de la desviación estándar según la edad del concreto a las 48 horas, 7 y 28 días de 18 kg/cm<sup>2</sup>.

Los beneficios que se tienen de este tipo de pavimento CCR es que permiten soportar el tránsito circulando directamente sobre ellos sin protección superficial, soporta tráfico pesado y cargas concentradas y una de las más importantes es que permite apertura rápida al tráfico ligero 24 horas después de su colocación, optimiza el proceso de construcción y reduce costos de mantenimiento, alta reflectividad solar que reduce la temperatura ambiental y consumos energéticos de la vía, implica una colocación casi continua de material sin juntas finalmente con el uso de materiales y equipos de construcción convencionales lo que influye significativamente en los costos de éste.

Las desventajas del Concreto CCR con respecto al convencional requiere un buen control de fabricación y en obra, fundamentalmente de la humedad, terminación superficial y resistencias. cuando la terminación de un pavimento, que trabajará como revestimiento, no es adecuada y/o el curado es deficiente, el CCR sufrirá un desgaste

superficial acelerado por lo cual se necesita un alto grado de compactación para alcanzar las resistencias del proyecto, si no se dispone de equipos adecuados, se deberán efectuar una gran cantidad de pasadas con rodillo vibrador.

### **Recomendaciones**

Continuar con investigaciones relacionadas con técnica del CCR y su aplicación en carreteras.

Difundir el uso de la mezcla seca, y por el constante dinamismo que caracteriza a este tipo de trabajo, obligue en un futuro a otras personas a revisar y actualizar la información aquí registrada.

Implementar la Tecnología del Concreto Compactado con Rodillo (CCR) en pavimentos como alternativa viable como técnica en la construcción de pavimentos sería una buena alternativa la vías agrícolas de Venezuela y lograr su consolidación y desarrollo agroalimentario del país.

Efectuar esta tecnología en carreteras primarias, donde el tráfico sea considerable y se requiera una buena terminación superficial, cuyo equipo utilizado puede ser el comúnmente usado en obras de pavimentación asfáltica como finisher (compactadoras de alta densidad), rodillos vibratorios y rodillos neumáticos debe ir acompañados de un buen control de calidad en la producción del concreto y la construcción del pavimento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Arias, F. (1999). *El Proyecto de investigación: Guía para su elaboración (3era ed.)*. Caracas: Episteme.
- Arias (2010). *El Proyecto de Investigación. Fidas G. 3ra Edición*.
- Aguirre (2014) *Estudio descriptivo de la Tecnología de CCR y su aplicación en pavimentos*.
- Baños, Fores t Santos (2012) *Evaluación y Comparación de la resistencia a la Compresion de una mezcla de CCR utilizando para utilizando para la elaboración de especímenes la mesa vibratoria de acuerdo a la norma ASTM C 1176 y el martillo vibro compactador de acuerdo a la NORMA ASTM C. 1435*” Universidad del Salvador. Facultad de Ingeniería y Arquitectura .documento en línea disponible:  
[http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2072/1/Evaluaci%C3%B3n\\_y\\_comparaci%C3%B3n\\_de\\_la\\_resistencia\\_a\\_la\\_compresi%C3%B3n\\_de\\_unamezcla\\_de\\_concreto\\_compactado\\_con\\_rodillo.pdf](http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2072/1/Evaluaci%C3%B3n_y_comparaci%C3%B3n_de_la_resistencia_a_la_compresi%C3%B3n_de_unamezcla_de_concreto_compactado_con_rodillo.pdf)
- Porrero, J., Ramos R., C., Grases, J. Y Velázco, G. (2004). *Manual del Concreto Estructural. Ediciones SIDETUR*.
- Carciente (1998) *Carretera Estudio y proyecto*.UCV. Ediciones Vega. Sefgunda edición.
- Aguilar V y Fiedman (2008) *Diseño de un método para la elaboración de probetas de concreto compactado con rodillo*. Trabajo de grado. Universidad Central de Venezuela
- ASTM C33 (2007). *Especificación Normalizada de Agregados para Concreto*. West Conshohocken, PA, 19428-2959, Estados Unidos de América.
- Calo (2012) *Diseño y Construcción de Pavimentos de Hormigon*. ICPA. San Salvador.
- COVENIN 1976:2003: *Concreto. Evaluación y Métodos De Ensayo (3RA Revisión)*
- COVENIN 255:1998 *Agregados. Determinación de la composición granulométrica*.

- COVENIN 256:1977 *Método de ensayo para la determinación cuantitativa de impurezas orgánicas en arenas para concreto (ensayo colorimétrico).*
- COVENIN 269:1998: *Agregado Grueso determinación de la densidad y la absorción.*
- COVENIN 273:1998 *Concreto, mortero y componentes. Terminología.*
- COVENIN 275:1978 *Método de ensayo para determinar la humedad superficial en el agregado fino.*
- COVENIN 276:1978 *Método de ensayo para determinar la reactividad potencial alcalina de combinaciones cemento-agregados (método de la barra de mortero).*
- COVENIN 277:2000. *Norma Venezolana contempla los requisitos mínimos que deben cumplir los agregados finos y gruesos utilizados en el concreto.*
- COVENIN 28:1993: *Cemento portland, Requisitos.*
- COVENIN 338-79. *Concreto. Elaboración del curado y ensayo a compresión de probetas cilíndricas de concreto.*
- COVENIN 340-79: *Método para la elaboración y curado en el laboratorio de probetas de concreto para ensayos de flexión.*
- Escalaya M. (2006). *Diseño de mezcla de concreto compactado con rodillo utilizando conceptos de compactación de suelos.* Trabajo de grado. Universidad Nacional de la ingeniería. Lima, Perú.
- Feo C, L. E. (2007). *Aspectos Prácticos en el Diseño de Mezcla de Concreto Compactado (RCC) e Implantación de un Sistema de gestión de la calidad durante su colocación, Reconstrucción de la Represa El Guapo,* Edo Miranda. Caracas.
- Hurtado, J. (2000). *Metodología de investigación holística.* Tercera Edición. Editorial SYPAL. Caracas, Venezuela.
- Martins, F; Palella, S (2006). *Metodología de la investigación cualitativa*”, Segunda Edición, Editorial FEDUPEL, Caracas, Venezuela.

- Méndez, C. (2001) *Diseño y desarrollo del proceso de Investigación*. 3ra Edición, Bogotá.
- Robles, F. (2008). *Los 15 Tipos de Investigación Científica y sus Características*. (Artículo). Disponible: [https://www.lifeder.com/tipos-investigacion-cientifica/#Tipos de investigacion segun el objetivo](https://www.lifeder.com/tipos-investigacion-cientifica/#Tipos%20de%20investigacion%20segun%20el%20objetivo).
- Tamayo y Tamayo M (1997). “El proceso de la investigación científica”, Cuarta Edición, Editorial Limusa, México, D.F., México.
- Martínez (2012) *Diseño de mezcla de concreto*. Segunda edición. ACI Normas para la Elaboración y Presentación de los Anteproyectos, Proyectos y Trabajos de Grado (2007) San Diego, Venezuela. Universidad José Antonio Páez
- Manual para la Elaboración del Trabajo de Grado. Venezuela.(1998) Universidad Pedagógica Experimental Libertador (U.P.E.L.).
- Villeda J (2014). *Diseño de investigación para concreto compactado con rodillo (CCR)*, Trabajo de grado Universidad San Carlós de Guatemala
- Neville y Brooks (2012) *Tecnología del Concreto*. Editorial Trillas