

**MEJORAMIENTO DE UN CONCRETO DE 3000 PSI CON ADICIÓN DE
VIRUTA DE ACERO CON PORCENTAJES DE 6%, 8% Y 10%
RESPECTO AL AGREGADO FINO DE LA MEZCLA**

**HEYNER ANDRÉS GARCÍA CÓRDOVA
JHON EDINSON SARMIENTO GUTIÉRREZ**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL
BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍAS Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2008**

**MEJORAMIENTO DE UN CONCRETO DE 3000 PSI CON ADICIÓN DE
VIRUTA DE ACERO CON PORCENTAJES DE 6%, 8% Y 10%
RESPECTO AL AGREGADO FINO DE LA MEZCLA**

**HEYNER ANDRÉS GARCÍA CÓRDOBA
JOHN EDINSON SARMIENTO GUTIÉRREZ**

**Tesis de grado como requisito para optar
al título de Ingenieros Civiles**

**Director:
CLAUDIA PATRICIA RETAMOSO LLAMAS
M.I.C. Ingeniera Civil**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL
BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍAS Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2008**

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Bucaramanga, Enero de 2008.

DEDICATORIA

El esfuerzo y el amor hacia la ingeniería civil se ven reflejados en este trabajo de grado, y todo esto lo dedico a, Dios todo poderoso fortaleza en mi vida, generador y merecedor de todos mis meritos y reconocimientos, a mi país Colombia la tierra que me vio nacer y que me ha brindado todo, al que prometo devolverle de manera correcta todo lo que se merece, mis padres pilares en los que he edificado mi vida y que han sido cimiento de mi educación.

AGRADECIMIENTOS

De esta manera se puede encontrar la forma de darles los más sinceros agradecimientos a todas aquellas personas que ayudaron a hacer este proyecto una realidad.

Ingeniera civil Claudia Patricia Retamoso Llamas, directora de proyecto, por brindarnos todos sus conocimientos y su completa entrega, quien además de ser una excelente docente, es primero un excelente ser humano.

Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, por ser una universidad excelente capaz de transmitir todos los conocimientos necesarios para convertir personas en verdaderos profesionales, y brindar una educación integral con una formación cristiana única.

PREVESA Ltda. una empresa en constante investigación y con el ánimo de ayudar a crear proyectos nuevos, por suministrar la mezcla y prestar sus instalaciones para la realización de las diferentes muestras

TRANSEJES S.A. contribuyendo a este proyecto con el aporte de la viruta de acero

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	15
1. OBJETIVOS.....	16
1.1. Objetivo General.	16
1.2. Objetivos Específicos.....	16
2. METODOLOGÍA	17
2.1. OBTENCIÓN DE LA VIRUTA	17
2.2. DOSIFICACIÓN Y COMPORTAMIENTO DE LA VIRUTA.....	17
2.2.1.1 Limpieza de Viruta	18
2.2.1.2 Tamizada de la Viruta	18
2.3. PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS.....	18
2.4. PROPIEDADES DEL CEMENTO	18
2.5. AGUA PARA CONCRETO	18
2.6. DISEÑO DE MEZCLA.....	18
2.7. ELABORACIÓN DE LAS MUESTRAS	19
2.8. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	19
3. JUSTIFICACIÓN.....	20
4. ALCANCE	21
5. MARCO TEÓRICO.	22
5.1. HISTORIA DEL CONCRETO.	22
5.2. COMPONENTES DEL CONCRETO.	22
5.2.1. Características de los componentes.	23
5.3. CEMENTO PORTLAND	24
5.3.1. Proceso de fabricación.	24
5.3.2. Explotación de materias primas.	24
5.3.3. Clinkerización.....	24
5.3.4. Molienda de clinker	25
5.3.5. Clasificación del cemento Pórtland	25
5.3.5.1 Cemento Pórtland tipo 1	25
5.3.5.2 Cemento Pórtland tipo 1-M	25
5.3.5.3 Cemento Pórtland tipo 2	25
5.3.5.4 Cemento Pórtland tipo 3	26
5.3.5.5 Cemento Pórtland tipo 4	26
5.3.5.6 Cemento Pórtland tipo 5	26
5.3.6. Cementos Pórtland adicionados	26
5.3.6.1 Cemento Pórtland de escoria de alto horno.....	26
5.3.6.2 Cemento Pórtland puzolánico	27
5.4. PROPIEDADES DEL CEMENTO	27
5.4.1. Propiedades químicas	27
5.4.1.1 Hidratación del cemento.	27
5.4.1.2 Calor de hidratación.....	27
5.4.2. Propiedades Físicas y Mecánicas.....	28
5.4.2.1 Densidad del cemento	28
5.4.2.2 Finura del cemento	28
5.4.2.3 Consistencia normal	28

5.4.2.4	Tiempos de fraguado	28
5.5.	AGUA PARA CONCRETO	29
5.5.1.	Calidad del agua	29
5.5.2.	Efectos de las impurezas en agua	29
5.6.	AGREGADOS PARA CONCRETO.....	29
5.6.1.	Propiedades químicas	30
5.6.1.1	Epitaxia	30
5.6.1.2	Reacción álcali-agregado	30
5.6.2.	Propiedades físicas.....	30
5.6.2.1	Granulometría.....	30
5.6.2.2	Módulo de finura	31
5.6.2.3	Textura.....	31
5.6.3.	Propiedades mecánicas.....	31
5.7.	ADICIONES AL CONCRETO	32
5.7.1.	Propiedades del concreto con adiciones	32
5.7.1.1	Adiciones minerales.....	32
5.8.	CONCRETO	33
5.8.1.	Concreto en estado fresco	33
5.8.1.1	Trabajabilidad o manejabilidad	33
5.8.1.2	Segregación.....	33
5.8.1.3	Exudación	34
5.8.2.	Concreto en estado endurecido	34
5.8.2.1	Resistencia	34
5.8.2.2	Elaboración y curado de muestras.....	34
5.8.2.3	Ensayo de la resistencia a la compresión.....	34
5.9.	Viruta de acero.....	34
5.9.1.	Viruta continua	35
5.9.2.	Viruta discontinua	36
6.	ENSAYOS DE LABORATORIO.....	37
6.1.	Cemento (NTC-121)	37
6.2.	GRANULOMETRÍA.....	37
6.2.1.	Granulometría del agregado grueso (NTC 77)	37
6.2.2.	Granulometría agregado fino	38
6.3.	Masa unitaria suelta y compacta (NTC 92).....	39
6.3.1.	MUS y MUC Agregado fino.....	40
6.3.2.	MUS y MUC Agregado grueso	40
6.4.	Densidad y absorción	40
6.4.1.	Peso específico y absorción agregado fino	40
6.4.2.	Peso específico agregado grueso.....	41
7.	DISEÑO DE MEZCLA.....	42
7.1.	Características de los materiales.	42
7.2.	Diseño de Mezclas para realización de cilindros.	43
8.	REALIZACIÓN DE LAS MUESTRAS.	45
8.1.	Proceso fabricación del concreto	45
8.2.	Manejo de la viruta.....	48
8.3.	Toma del asentamiento.	49

8.4.	Elaboración de los cilindros de concreto.....	50
8.5.	Curado de los especímenes de concreto.....	51
9.	RESULTADOS.....	52
9.1.	Resistencia a la Compresión prueba estándar.	52
9.2.	Resistencia a la Compresión 6% de Adición de Viruta.	53
9.3.	Resistencia a la Compresión Muestras 8% de Adición de Viruta.	54
9.4.	Resistencia a la Compresión de Muestras con 10% de Adición de Viruta.	56
9.5.	Resumen de Resultados.....	57
10.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.	59
10.1.	Resultados resistencia a la Compresión a los tres (3) días.	59
10.2.	Resistencia a la Compresión a los siete (7 días).	61
10.3.	Resistencia a la Compresión Edad 28 días.	62
11.	CONCLUSIONES	65
12.	RECOMENDACIONES	66
13.	BIBLIOGRAFÍA	67

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Propiedades del Cemento.	37
Tabla 2.	Granulometría Agregado Grueso.....	38
Tabla 3.	Granulometría Agregado Fino.	39
Tabla 4.	Masa Unitaria Suelta y Compacta Agregado Fino.	40
Tabla 5.	Masa Unitaria Suelta y Compacta Agregado Grueso.	40
Tabla 6.	Propiedades de los Agregados.....	42
Tabla 7.	Diseño Mezcla Estándar (Sin adición de viruta).	43
Tabla 8.	Diseño Mezcla 6% Adición de Viruta.	43
Tabla 9.	Diseño Mezcla 8% Adición de Viruta	43
Tabla 10.	Diseño de Mezcla 10% Adición de Viruta.	44
Tabla 11.	Resistencia a la Compresión Muestra Estándar. (3 días)...	52
Tabla 12.	Resistencia a la Compresión Muestra Estándar. (7 días)...	52
Tabla 13.	Resistencia a la Compresión Muestra Estándar. (28 días).....	53
Tabla 14.	Resistencia a la compresión 6% de Adición de Viruta (3 días).....	53
Tabla 15.	Resistencia a la compresión 6% de Adición de Viruta (7 días).....	54
Tabla 16.	Resistencia a la compresión 6% de Adición de Viruta (28 días).....	54
Tabla 17.	Resistencia a la Compresión 8% de Adición de Viruta (3 días).....	55
Tabla 18.	Resistencia a la Compresión Muestras 8% de Adición de Viruta. (7 días).	55
Tabla 19.	Resistencia a la Compresión Muestras 8% de Adición de Viruta. (28 días).	56
Tabla 20.	Resistencia a la Compresión Muestras 10% de Adición de Viruta. (3 días).	56
Tabla 21.	Resistencia a la Compresión Muestras 10% de Adición de Viruta. (7 días).	57
Tabla 22.	Resistencia a la Compresión Muestras 10% de Adición de Viruta. (28 días).	57
Tabla 23.	Esfuerzo Promedio de Concreto.....	58
Tabla 24.	Porcentaje de Aumento de Resistencia respecto a la Muestra Estándar.	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Granulometría Agregado Grueso.....	38
Figura 2.	Granulometría Agregado Fino.	39
Figura 3.	La Estrella.....	45
Figura 4.	Zona de Descargue de Agregados.	45
Figura 5.	Silos de Cemento.	46
Figura 6.	Transporte de Cemento.	46
Figura 7.	Cabina de Mando.	47
Figura 8.	Controles para el diseño de mezcla.....	47
Figura 9.	Vaciado de Agregado en el Ski.....	48
Figura 10.	Concreto Listo vaciado en la Mixer.....	48
Figura 11.	Pesaje de la Viruta.....	49
Figura 12.	Concreto para realizar los cilindros.....	49
Figura 13.	Cono de abrams.	50
Figura 14.	Cilindros de Concreto.	50
Figura 15.	Muestras de cilindros de concreto.	51
Figura 16.	Esfuerzos de las muestras Edad 3 días.....	59
Figura 17.	Promedios de Esfuerzos Edad 3 días.....	60
Figura 18.	Porcentaje de Aumento de Resistencia respecto a la Muestra estándar a los 3 días.....	60
Figura 19.	Esfuerzos de las Muestras a los siete (7) días.	61
Figura 20.	Esfuerzos Promedios Edad 7 días.....	62
Figura 21.	Porcentaje de Aumento Resistencia Edad 7 días.....	62
Figura 22.	Esfuerzos de las Muestras 28 días.....	63
Figura 23.	Resistencia Promedio Edad 28 días.....	64
Figura 24.	Porcentaje de Aumento de Resistencia Respecto a la Muestra estándar 28 días.	64



RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TÍTULO: MEJORAMIENTO DE UN CONCRETO DE 3000 PSI CON ADICIÓN DE VIRUTA DE ACERO CON PORCENTAJES DE 6%, 8% Y 10% RESPECTO AL AGREGADO FINO DE LA MEZCLA

AUTOR(ES): HEYNER ANDRÉS GARCÍA CÓRDOVA
JOHN EDINSON SARMIENTO GUTIÉRREZ

FACULTAD: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR(A): Claudia Patricia Retamoso Llamas

RESUMEN

En base a los resultados obtenidos en la tesis de grado " Optimización de un concreto de 3000 Psi mejorando la resistencia a la compresión adicionando viruta de acero", en la que se utilizaron porcentajes de adición de viruta del 10%, 15% y 20%, y en el cual se pudo observar que los resultados mas óptimos se obtenían con el 10% de adición de viruta, se decidió trabajar con porcentajes menores e iguales a los ya manejados en la anterior tesis, para analizar cual era el comportamiento del concreto frente a estos nuevos porcentajes de adición, mediante ensayos de laboratorio se pudo obtener las características de los materiales para elaborar el diseño de la mezcla de concreto y se procedió a realizar las muestras con los nuevos porcentajes de adición 6%, 8% y 10% para ser ensayados a compresión a una edad de 3, 7 y 28 días, los resultados obtenidos muestran que el porcentaje de adición de viruta que arroja los esfuerzos mas óptimos es el de 10% y el incremento de la resistencia con respecto a la muestra estándar es muy significativo en todas las edades de ensayo, aun así los mayores incrementos de resistencia del concreto se producen en las edades tempranas a los 3 y 7 días, con estos datos obtenidos se puede lograr elaborar mezclas de concreto más económicas con el mismo nivel de eficiencia.

PALABRAS CLAVES: concreto, viruta de acero, diseño de mezcla, toma de muestras, curado, resistencia a la compresión, cemento, adiciones

Summary

Based on the results obtained by the thesis "optimization of a 3000 psi concrete improving the resistance to compression adding steel fibers" in which the addition percentages were 10%, 15% and 20%, and we were able to observe that the best results were achieved by the 10% adding, it was decided to work with lesser and equal amounts to those that were handled in the previous thesis to analyze the behavior of the concrete to this new percentages; by using laboratory essays we were able to obtain the characteristics of the materials to elaborate the design of the concrete mix and it proceeded to perform the new samples with the new adding percentages of 6%, 8% and 10% to be tested in compression at an age of 3, 7 and 28 days; The tests show that the fibers adding percentage that gives the best result is the 10% and that the increment in the resistance compared to the standard sample is very significant in all of the ages tested, even so, the largest increments in the resistance of the concrete is produced at early ages like 3 and 7 days, with this data we are able to elaborate concrete mixes that are more economic with the same efficiency level.

ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO, TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN Y AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

Yo, HEYNER ANDRÉS GARCÍA CÓRDOBA, mayor de edad, vecino de Bucaramanga identificado con la cédula de ciudadanía No 1.017.143.269, actuando en nombre propio, en mi calidad de autor del trabajo de grado:

MEJORAMIENTO DE UN CONCRETO DE 3000 PSI CON ADICIÓN DE VIRUTA DE ACERO CON PORCENTAJES DE 6%, 8% Y 10% RESPECTO AL AGREGADO FINO DE LA MEZCLA

hago entrega del ejemplar respectivo y de sus anexo de ser el caso, en formato digital o electrónico (CD o DVD) y autorizo a la UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA, para que en los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993m decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia, utilice y use en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamos público e importación) que me corresponden como creador de la obra objeto del presente documento. PARÁGRAFO: La presente Autorización se hace extensiva no sólo a las facultades y derechos de uso sobre la obra en formato o soporte material, sino también para formato virtual, electrónico, digital, óptico, uso en red, Internet, extranet, intranet, etc., en general para cualquier formato conocido o por conocer.

EL AUTOR – ESTUDIANTE, manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y la realizó sin violar o usurpar derechos de autor a terceros, por lo tanto la obra es de exclusiva autoría y detenta la titularidad sobre la misma. PARÁGRAFO: En caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión, EL AUTOR/ESTUDIANTE, asumirá toda la responsabilidad, y saldrá en defensa de los derechos aquí autorizados; para todos los efectos la Universidad actúa como un tercero de buena fe.

Para constancia se firma el presente documento en dos (02) ejemplares del mismo valor y tenor, en Bucaramanga, a los días del mes de de 200 .

EL AUTOR/ ESTUDIANTE:

(Firma).....
Nombre. HEYNER ANDRÉS GARCÍA CÓRDOBA

ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO, TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN Y AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

Yo , JOHN EDINSON SARMIENTO GUTIÉRREZ, mayor de edad, vecino de Bucaramanga identificado con la cédula de ciudadanía No 1.098.613.176, actuando en nombre propio, en mi calidad de autor del trabajo de grado:

MEJORAMIENTO DE UN CONCRETO DE 3000 PSI CON ADICIÓN DE VIRUTA DE ACERO CON PORCENTAJES DE 6%, 8% Y 10% RESPECTO AL AGREGADO FINO DE LA MEZCLA

hago entrega del ejemplar respectivo y de sus anexo de ser el caso, en formato digital o electrónico (CD o DVD) y autorizo a la UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA, para que en los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993m decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia, utilice y use en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamos público e importación) que me corresponden como creador de la obra objeto del presente documento. PARÁGRAFO: La presente Autorización se hace extensiva no sólo a las facultades y derechos de uso sobre la obra en formato o soporte material, sino también para formato virtual, electrónico, digital, óptico, uso en red, Internet, extranet, intranet, etc., en general para cualquier formato conocido o por conocer.

EL AUTOR – ESTUDIANTE, manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y la realizó sin violar o usurpar derechos de autor a terceros, por lo tanto la obra es de exclusiva autoría y detenta la titularidad sobre la misma. PARÁGRAFO: En caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión, EL AUTOR/ESTUDIANTE, asumirá toda la responsabilidad, y saldrá en defensa de los derechos aquí autorizados; para todos los efectos la Universidad actúa como un tercero de buena fe.

Para constancia se firma el presente documento en dos (02) ejemplares del mismo valor y tenor, en Bucaramanga, a los 15 días del mes de Febrero de 2008.

EL AUTOR/ ESTUDIANTE:

(Firma).....

Nombre. JOHN EDINSON SARMIENTO GUTIÉRREZ

INTRODUCCIÓN

El concreto es un material fundamental con el cual se logra crear asombrosas construcciones, las cuales generan desarrollo en todas las ciudades, logrando así el beneficio de todo un pueblo,

El concreto es un material que el hombre ha sido capaz de crear y de moldear a su manera, se considera que es una piedra artificial, ya que es elaborada por el hombre adquiriendo las características de resistencia, durabilidad, impermeabilidad y dureza de una roca normal.

El mundo generalmente se encuentra en un estado de evolución, cada día se crean nuevas tecnologías y se esta en constante búsqueda de avances que generen mayores beneficios a la humanidad, y la industria del concreto no se ha quedado atrás, a través del tiempo se ha encaminado en conseguir nuevos procesos y componentes que logren mejorar las características y que apliquen a las necesidades y requerimientos del hombre, por esto se ensaya con diferentes tipos de aditivos y adiciones buscando obtener resultados que logren una mejora significativa en el material.

Así de este modo, y en busca de conseguir algunos aportes a esta parte de tecnología, investigación y desarrollo del concreto, se decidió utilizar un componente nuevo en las mezclas que aumente de manera positiva las propiedades de las mismas.

El nuevo componente es la viruta de acero, que es una especie de residuo o de desecho industrial, y que fue estudiado en la tesis de grado " Optimización de un concreto de 3000 Psi mejorando la resistencia a la compresión adicionando viruta de acero" , la cual demostró que las características del concreto mejoran con este material, por esta razón en este proyecto se trabajara la adición de viruta con unos porcentajes ya decididos de acuerdo con lo estudiado, buscando el resultado de mayor resistencia.

1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo General.

Observar el comportamiento del concreto adicionando viruta de acero, reemplazando parte del agregado fino, en un 6%, 8% y 10%

1.2. Objetivos Específicos.

Realizar ensayos de laboratorio a los diferentes materiales que componen el concreto.

Elaborar el diseño de mezcla para los diferentes porcentajes de adición de viruta.

Realizar la elaboración de 30 probetas para ensayar la muestra patrón y las muestras con cada adición de viruta a los (3) tres, (7) siete y (28) veintiocho días.

Determinar la resistencia de las probetas por medio del ensayo a la compresión.

Analizar los resultados de compresión, observando el aumento de resistencia en el tiempo.

2. METODOLOGÍA

Teniendo en cuenta el trabajo de grado “Optimización de un concreto de 3000 PSI mejorando la resistencia a la compresión adicionando viruta de acero”, en la cual se utilizan porcentajes de adición de viruta de 10%, 15% y 20% en los análisis de resultados de este trabajo, el valor de resistencia máximo se obtiene con una adición de viruta de 10%, por lo cual se decidió trabajar con porcentajes de adición de viruta menores e iguales a este porcentaje para corroborar que el máximo valor de la resistencia se obtenga allí.

Se debe realizar un diseño de mezcla óptimo para lograr los objetivos propuestos, por esta razón, este se regirá por las NTC (Normas Técnicas Colombianas), las cuales contienen las características y especificaciones necesarias de los componentes a utilizar en el diseño de mezcla, mediante la elaboración de algunos ensayos de laboratorio.

La metodología muestra los procedimientos necesarios para obtener unos resultados satisfactorios capaces de lograr el objetivo trazado.

2.1. OBTENCIÓN DE LA VIRUTA

El proceso de adquirir la viruta es algo complicado se necesita elaborar una carta por la facultad donde solicita a la empresa la cantidad y se especifica el uso del material, esto debido a que es un material que en manos inescrupulosas, se utiliza con fines destructivos.

2.2. DOSIFICACIÓN Y COMPORTAMIENTO DE LA VIRUTA

Como ya se habían hecho unas muestras previas en el trabajo de grado “optimización de un concreto de 3000Psi mejorando la resistencia a la compresión adicionando viruta de acero”, en la cual se realizaron diferentes proporciones entre la viruta y los agregados, en la cual se llegó a la conclusión que la mejor opción es remplazar la viruta por una cantidad de agregado fino, por esta circunstancia el diseño de mezcla se realizará de igual forma, teniendo en cuenta los porcentajes específicos en este trabajo de grado.

En esta tesis de grado se trabajaron porcentajes de adición los cuales arrojaron resultados muy buenos, pero desde el porcentaje que se empezó a trabajar (10%), se obtuvo el mejor comportamiento, por esto en este trabajo de grado en particular, se decidió reemplazar el agregado fino en una proporción de 6%, 8% y 10% de viruta, para poder establecer si el máximo valor se presenta en 6% o en 8% de adición de viruta.

2.2.1.1 Limpieza de Viruta

Debido a los procesos utilizados por las empresas, en las cuales se genera la viruta, es necesario realizar una limpieza a esta, antes de utilizarla como componente del concreto, debido a los cortes requeridos en el proceso, se le debe colocar grasa a los materiales, la viruta que es el residuo de estos procesos lógicamente queda engrasada, por lo cual se debe eliminar esto con un jabón industrial especial para este tipo de lavados.

2.2.1.2 Tamizada de la Viruta

Los diferentes tipos de corte elaborados al material generan que la viruta tenga un tamaño muy variable, por tal razón es necesario elegir un tamaño que se asemeje al del agregado fino, este proceso se realiza con una malla de abertura 0.007m.

2.3. PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS

Los agregados utilizados, son los agregados de pescadero, que poseen las características necesarias para lograr mezclas de las mejores condiciones.

2.4. PROPIEDADES DEL CEMENTO

El cemento utilizado en la mezcla, es cemento argos tipo III de resistencias altas a edades tempranas, el cual es utilizado en la planta de la empresa PREVESA LTDA. para la elaboración del concreto, la empresa ARGOS, emite un informe mensual con las características del cemento, el cual se utilizara para elaborar la mezcla de concreto hidráulico.

2.5. AGUA PARA CONCRETO

El agua con la que se va a elaborar la mezcla es agua potable apta para el consumo humano, libre de impurezas y otros agentes dañinos capaces de afectar el estado óptimo de la mezcla.

2.6. DISEÑO DE MEZCLA

La mezcla se elaborara de acuerdo al método ACI cumpliendo así con todas las especificaciones requeridas, se realizara una muestra patrón que será la base de comparación con las otras muestras ya adicionadas con viruta, que se harán al 6%, 8% y 10%, reemplazando el agregado fino por viruta, se elaboraran 30 cilindros por cada porcentaje de adición para fallar a las edades ya propuestas, el concreto será donado por la empresa

PREVESA LTDA., y el proceso se hará de manera industrial, la máquina ELBA MATIC realiza la dosificación, mezclado y cargue que garantiza una mezcla mas homogénea de los agregados, cemento y agua. La proporción de los materiales se ejecuta mediante basculas propias de la maquina las cuales pesan el material.

2.7. ELABORACIÓN DE LAS MUESTRAS

La toma de muestras se realizará de acuerdo a la norma (NTC 454) toma de muestras, y la (NTC 1377) elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio, se harán 30 cilindros por cada muestra incluyendo la patrón, se desencofraran 24 horas después e inmediatamente se pondrán en unas pilas de curado para fallar a las edades correspondientes de 3, 7 y 28 días.

2.8. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

La rotura de cilindros se ejecutará de acuerdo a la norma (NTC 673) resistencia a la compresión, se realizará a las edades especificadas y se llevaran a cabo los ensayos en el laboratorio de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga con una prensa calibrada apta para este tipo de ensayos.

3. JUSTIFICACIÓN

Observando que en el trabajo de grado titulado “Optimización de un concreto de 3000 PSI mejorando la resistencia a la compresión adicionando viruta de acero”, se obtuvieron unos aumentos hasta del 80% de la resistencia a la compresión respecto a la muestra patrón, se decidió continuar este trabajo, para tener un espectro más amplio de muestras y de esta manera dar un mejor resultado respecto al comportamiento del concreto adicionando viruta de acero.

Por esto, en este trabajo de grado, se realizarán los análisis de adición de viruta al concreto como porcentaje del agregado fino del diseño de mezcla desarrollado.

4. ALCANCE

Después de realizarse el proyecto de grado titulado “Optimización de un concreto de 3000 PSI mejorando la resistencia a la compresión adicionando viruta de acero”, se pudo concluir que los máximos esfuerzos de compresión se lograron con el porcentaje de adición de 10% de viruta, al no existir ningún estudio del comportamiento del concreto con adiciones de viruta por debajo de este porcentaje, se decidió que es importante analizar porcentajes inferiores del 10%, para obtener datos mas óptimos

Por esto, se sigue estudiando el comportamiento del concreto con adición de viruta ahora con adiciones de 6, 8, 10%, respecto al agregado fino, para tener un espectro más amplio y confiable de resultados, y así dar por sentado que el aumento de resistencia es casi de un 80%, con respecto al diseño particular.

Para este trabajo, se desarrollarán las adiciones de 6, 8 y 10%, comparadas con la muestra patrón. En total se realizaran 120 muestras para probar así: 30 muestras patrón, 30 muestras para una adición de viruta de 6%, 30 muestras para una adición de viruta de 8% y 30 muestras para una adición de viruta de 10%. La muestra patrón se ensayarán 10 a (3) días, 10 a (7) días y 10 a (28) días, y lo mismo se hará con las muestras que corresponden a los porcentajes de 6%, 8%, 10%, todo esto con el fin de lograr una curva de evolución de la resistencia a las diferentes edades pero con el mismo porcentaje de adición.

5. MARCO TEÓRICO.

El concreto es sencillamente un material único, con características especiales que lo diferencian de otros, y que lo convierten en el material constructivo mas ampliamente utilizado a nivel mundial, debido a su versatilidad en cuanto a las formas que se pueden obtener, sus propiedades físicas y mecánicas que lo avalan para ser usado como elemento estructural, y su economía hacen de este, un material extraordinario y muy competente frente a otro tipo de construcciones, y existen cada día más y más formas de buscar la mejora de este material, tales como: adicionando diferentes componentes buscando crear materiales nuevos. En este trabajo de grado se hizo la adición de otro elemento al concreto (la viruta) buscando conseguir unos resultados de resistencia mayores a los que se obtienen con el diseño original de $f'c=21\text{MPa}$.

5.1. HISTORIA DEL CONCRETO.¹

El empleo de materiales cementantes se remonta al inicio de la civilización cuando el hombre sintió la necesidad de construir su propio refugio utilizando arcilla o una mezcla de cal y arena para unir las piedras y conformar una estructura simple que le sirviera de protección.

Se tiene idea de mezclas hechas a base de caliza calcinada y agua a la cual se le adicionaba arena, para recubrir y unir piedras y ladrillos no cocidos, la adición a estas mezclas de piedra triturada y tejas rotas dieron origen al primer concreto de la historia.

El desarrollo del concreto propiamente dicho como material de construcción, empezó poco después de la obtención de la patente del cemento Pórtland (1824) y posteriormente se afianzo con la invención del concreto reforzado.

5.2. COMPONENTES DEL CONCRETO.

El concreto es la mezcla de un material aglutinante que es el cemento Pórtland, un material de relleno que es comprendido por los agregados, agua, aire y en algunos casos aditivos o adiciones.

El principal componente del concreto, es el cemento Pórtland, el cual ocupa entre el 7% y 15% del volumen de la mezcla y tiene propiedades

¹ Tecnología del Concreto y del Mortero. Diego Sánchez de Guzmán. Pag. 27 .
Editorial.

de adherencia y cohesión que proveen la buena resistencia a la compresión.

El segundo componente son los agregados que ocupan entre el 59% y 76% del volumen de la mezcla, son esencialmente materiales inertes, naturales o artificiales, de forma granular, que para una mejor conveniencia se separan en partes finas que son las arenas, y las gruesas que son las gravas, provienen de rocas naturales pero también existen artificiales (triturado).

El tercer componente es el agua que ocupa entre el 14% y 18% del volumen de la mezcla e hidrata al cemento Pórtland por medio de complejas reacciones químicas.

Adicionalmente, el concreto contiene una cantidad de aire atrapado normal pero también puede ser intencional, el aire normal atrapado en el concreto oscila entre el 1% y 3% del volumen de la mezcla, y en el incluido intencionalmente esta entre 2% y 7% del volumen de la mezcla.

Existen otros componentes tales como aditivos o adiciones los cuales se utilizan con el objeto de modificar algunas propiedades del concreto.

La determinación de las cantidades de estos componentes es un proceso que consiste en seleccionar los ingredientes disponibles y determinar sus cantidades relativas para producirlo, esta proporción depende de las propiedades y características de los ingredientes usados, de las particularidades del concreto especificado, y de las condiciones bajo las cuales será producido.

5.2.1. Características de los componentes.

El cemento hidráulico es aquel que tiene la propiedad de fraguar y endurecer en presencia del agua, porque reaccionan químicamente con ella para formar un material aglutinante, el cemento Pórtland hidráulico tiene propiedades de adhesión y cohesión, que permiten aglutinar los agregados para formar el concreto.

El agua es el elemento que hidrata las partículas del cemento y hace que estas desarrollen sus propiedades aglutinantes, al mezclarse con el cemento produce la pasta que puede ser mas o menos fluida dependiendo de la cantidad del agua, al endurecer la pasta, como consecuencia del fraguado, parte del agua permanece en la estructura rígida de la pasta y el resto es agua evaporable.

Cuando el concreto se encuentra en proceso de mezclado, atrapa aire, el cual es liberado mediante el proceso de compactación, pero es imposible liberar la totalidad del aire y siempre queda una cantidad atrapada.

Los agregados son materiales inertes que poseen resistencia propia suficiente, que no perturba ni afecta el proceso de endurecimiento del cemento y que garantiza una adherencia con la pasta del cemento endurecida, la razón principal por la que se utilizan agregados en el concreto es porque estos actúan como material de relleno, haciendo la mezcla más económica.

5.3. CEMENTO PÓRTLAND

El cemento Pórtland es la mezcla de materiales calcáreos, arcillosos y otros materiales que contienen sílice, alúmina y óxidos de hierro, procesados a altas temperaturas y mezclados con yeso, el nombre obedece a la similitud en el aspecto del cemento endurecido con una piedra que abunda en una ciudad de Inglaterra que se llama Pórtland, fue patentado en 1824 por Joseph Aspin con un proceso que fue perfeccionado algunos años más tarde por Isaac Jonson.

5.3.1. Proceso de fabricación.

El cemento Pórtland se fabrica a partir de materiales minerales calcáreos tales como la caliza y materiales arcillosos con alto contenido de alúmina y sílice, frecuentemente es necesario adicionar otros productos para mejorar la composición química.

El primer paso es estudiar los depósitos de caliza y luego proceder a encontrar las fuentes de arcilla, las materias primas se deben moler finamente, mezclar minuciosamente en una cierta proporción y calcinar en un hormo rotario a una temperatura de aproximadamente 1400 °C, allí se sintetiza y se funde parcialmente formando el clínker, este se enfría y se tritura hasta obtener un polvo fino el cual es mezclado con yeso para obtener como producto final el cemento Pórtland.

5.3.2. Explotación de materias primas.

La explotación se hace de acuerdo a las normas y parámetros convencionales, dependiendo de las condiciones se hace con explosivos o simplemente con el solo arrastre del material basta, los materiales se llevan a un proceso de trituración para obtener tamaños máximos de 25mm (1").

5.3.3. Clinkerización

Después de obtener las materias primas y llevar a cabo el proceso de trituración se depositan en un horno a una temperatura elevada para fundir el material y se llevan a un proceso de enfriamiento para lograr el clinker.

5.3.4. Molienda de clinker

El clinker mediante molienda se convierte en polvo y se agregan las adiciones, se introduce el yeso y así se elabora el cemento, el yeso es indispensable para controlar el endurecimiento del cemento una vez entra en contacto con el agua, porque cuando su cantidad es muy baja el endurecimiento puede ocurrir de manera instantánea.

5.3.5. Clasificación del cemento Pórtland

En el mercado se fabrican diversos tipos de cemento para satisfacer diferentes necesidades y para cumplir con propósitos específicos, la norma NTC 30 estipula once clases de cemento las cuales son:

Pórtland tipo 1	Normal
Pórtland tipo 1- M	Normal inclusor de aire
Pórtland tipo 1-M	Normal de mayores resistencias
Pórtland tipo 2	De resistencia moderada a los sulfatos
Pórtland tipo 2-A	De resistencia moderada a los sulfatos inclusor de aire
Pórtland tipo 3	De alta resistencia inicial
Pórtland tipo 3-A	De alta resistencia inicial inclusor de aire
Pórtland tipo 4	De bajo calor de hidratación
Pórtland tipo 5	De resistencia elevada a los sulfatos
Pórtland blanco	Color blanco tipo 1 o tipo 3

5.3.5.1 Cemento Pórtland tipo 1

Es el de uso más común, destinado a obras de concreto que no estén sujetas al contacto de factores agresivos, o a concretos que no tengan un aumento cuestionable de temperatura debido al calor generado durante la hidratación.

5.3.5.2 Cemento Pórtland tipo 1-M

Es de uso generalizado no tiene propiedades especiales, aun así sus resistencias son superiores a las del tipo 1

5.3.5.3 Cemento Pórtland tipo 2

Su uso se da en obras expuestas a la acción moderada de sulfatos, como ocurre en estructuras enterradas en zonas donde las concentraciones de estos, en las aguas freáticas, son mayores de lo normal, el ataque de los sulfatos porque uno de los componentes del cemento denominado aluminato tricálcico reacciona químicamente con los sulfatos presentes en el medio ambiente, el cual origina esfuerzos internos en la pasta del cemento que pueden llegar a desintegrarla.

5.3.5.4 Cemento Pórtland tipo 3

Desarrolla altas resistencias a edades tempranas, su composición química difiere de los demás cementos, pero físicamente es similar al cemento Pórtland tipo 1, excepto que sus partículas son molidas más finamente, se emplea cuando las formaletas deben ser removidas rápidamente o cuando se tenga que poner la estructura en servicio pronto.

5.3.5.5 Cemento Pórtland tipo 4

Es utilizado para mantener al mínimo la velocidad y cantidad del calor de hidratación, desarrolla resistencia a una velocidad muy inferior a la de otros tipos.

5.3.5.6 Cemento Pórtland tipo 5

Ofrece alta resistencia a la acción de los sulfatos y se emplea exclusivamente en concretos expuestos a acciones severas de estos especialmente donde los suelos o aguas freáticas tengan alto contenido de sulfatos.

5.3.6. Cementos Pórtland adicionados

Es frecuente el uso de cementos a base de clinker Pórtland adicionado con una proporción de otro material, que aunque no tenga propiedades aglomerantes por si mismo, las desarrolla al mezclarse con él.

Los principales materiales de adición son, escorias de alto horno molidas, cenizas volantes y otras puzolanas.

5.3.6.1 Cemento Pórtland de escoria de alto horno

Se obtiene mediante la pulverización conjunta de clinker Pórtland y escoria granulada finamente molida, con adición de sulfato de calcio, el

contenido de escoria granulada de alto horno, debe estar comprendido entre 15% y 85% de la masa total.

5.3.6.2 Cemento Pórtland puzolánico

Es empleado cuando hay que considerar aspectos tales como durabilidad, estabilidad, calor de hidratación, plasticidad etc. y en los casos en los cuales los otros tipos de cemento no muestran suficiencia, se puede obtener mediante la pulverización conjunta de clínter y puzolana con adición de sulfato de calcio, el contenido debe estar comprendido entre el 15% y 50% de la masa total.

5.4. PROPIEDADES DEL CEMENTO

El estudio de las propiedades del cemento permite conocer algunos aspectos de su bondad como material cementante, estas propiedades son de carácter químico, físico y mecánico y dependen del estado en el cual se encuentren.

5.4.1. Propiedades químicas

El proceso de clinkerización del cemento involucra la transformación de las materias primas a productos más complejos por medio de reacciones en estado sólido.

Se habla de cuatro fases en la composición del cemento, la alita con alto contenido de C_3S , la belita a base de C_2S , el aluminato rica en C_3A y la ferrito, solución sólida compuesta por ferritos y aluminatos de calcio

5.4.1.1 Hidratación del cemento.

La reacción mediante la cual el cemento se transforma en un agente de enlace, se genera por los procesos químicos responsables de la formación de compuestos durante la hidratación, los cuales originan propiedades mecánicas útiles en las aplicaciones estructurales, el cemento al entrar en contacto con agua forma una pasta y se establece un desarrollo lento de estructuras cristalinas cementantes.

5.4.1.2 Calor de hidratación.

El proceso de hidratación genera reacciones que liberan calor, haciendo que los concretos al fraguar y endurecer cambien de temperatura, el calor

de hidratación es la cantidad de calor en calorías por gramo de cemento deshidratado, después de una hidratación completa a una temperatura dada.

5.4.2. Propiedades Físicas y Mecánicas

Las propiedades físicas y mecánicas son aquellas que se pueden distinguir con solo mirar, tocar o sentir, algunas de estas propiedades son densidad, finura, consistencia, tiempos de fraguado, fluidez entre otras.

5.4.2.1 Densidad del cemento

Es la relación entre la masa de una cantidad dada y el volumen absoluto de esa masa, su valor en un cemento Pórtland normal puede estar alrededor de 3.15 gr/cm^3 pero en el caso de los cementos adicionados su valor normalmente es del orden de los 2.90 gr/cm^3 debido a que el contenido de clinker por tonelada de cemento es menor.

5.4.2.2 Finura del cemento

El proceso de molienda determina la finura del cemento, que es el tamaño de las partículas del cemento, esta es una de las propiedades más importantes ya que esta conectada con la velocidad de hidratación y el calor desarrollado.

Como el proceso de hidratación de las partículas ocurre de afuera hacia adentro, las partículas más finas desarrollaran mayor velocidad de hidratación, lo cual es bueno porque la exudación presentada es mucho menor pero también puede hacerlo mas susceptible a la fisuración debido a la velocidad y la liberación de calor.

5.4.2.3 Consistencia normal

Es la propiedad que indica el grado de fluidez o de manejabilidad de la pasta, esto puede diferir de acuerdo a los requerimientos de agua, que en algunos casos puede ser mayor, dependiendo del tipo de cemento, teniendo en cuenta que un cemento adicionado va a tener un requerimiento de agua mayor, esto porque su superficie específica es mayor que la de un cemento normal.

5.4.2.4 Tiempos de fraguado

Es el termino para especificar el cambio de estado fresco a endurecido, el fraguado inicial es el tiempo que transcurre desde que la pasta plástica

que se forma cuando el cemento se mezcla con agua va perdiendo su fluidez, hasta llegar a un punto donde no tiene toda su viscosidad, el fraguado final se define como el tiempo que transcurre hasta que la pasta de cemento deja de ser deformable con cargas relativamente pequeñas y se vuelve rígida, comenzando a adquirir la resistencia mecánica.

5.5. AGUA PARA CONCRETO

El agua es un ingrediente fundamental para la elaboración del concreto, ya que desempeña funciones tanto en estado fresco como en estado endurecido, su papel mas importante en el concreto es cuanto a la cantidad la cual genera una relación agua/cemento acorde con las necesidades requeridas, pero no solamente la cantidad es importante, ahí que tener en cuenta que para su utilización debe cumplir con unas características químicas y físicas.

5.5.1. Calidad del agua

En algunos casos, dependiendo de las características propias del cemento los requerimientos para el agua cambian, pero en general existe uniformidad de criterios respecto al agua para la elaboración del concreto.

En ocasiones cuando se trabaja en zonas fuera de los perímetros urbanos, se comete el error de utilizar agua para elaborar concreto, sin tener en cuenta los problemas que se puedan presentar, debido a no realizar los estudios necesarios para corroborar la calidad de la misma.

5.5.2. Efectos de las impurezas en agua

Generalmente se tiene la costumbre, que si el agua es apta para el consumo humano, también lo es para elaborar concreto, y esto no es necesariamente siempre cierto, algunos acueductos o plantas de aguas, adicionan sustancias al agua que pueden generar problemas en el concreto, al reaccionar esta con el cemento de la mezcla, provocando así, cambios en el fraguado, consistencia, resistencia etc.

5.6. AGREGADOS PARA CONCRETO

Son el mayor componente del concreto, generalmente ocupan mas del 70% de la totalidad en un metro cúbico, estos son los que hacen del concreto un material económico de construcción.

Los agregados son partículas sólidas adicionadas al concreto, unidos por una pasta de cemento que ocupan un espacio, y que proporcionan una resistencia mecánica en estado endurecido, y que sirven para controlar

los cambios volumétricos que presenta el concreto en el proceso de fraguado.

5.6.1. Propiedades químicas

Las exigencias químicas que se deben hacer a los agregados para evitar su reacción en la masa del concreto, son las de evitar sustancias presentes agresivas y componentes geológicos o mineralógicos agresivos, entre los cuales el mas frecuente parece ser la sílice activa.²

5.6.1.1 Epitaxia

Es una reacción química favorable, da una mejor adherencia entre ciertos agregados calizos y la pasta del cemento a medida que pasa el tiempo.

5.6.1.2 Reacción álcali-agregado

Algunos agregados presentan cierta cantidad de sílice activa, que reacciona con los álcalis del cemento produciendo expansiones y destrucciones en la masa del concreto, generando perdida de sus propiedades como su resistencia.

5.6.2. Propiedades físicas

Son aquellas características de los agregados que se tienen en cuenta para realizar un diseño de mezcla de las mejores condiciones, pues dan idea del comportamiento mecánico en una mezcla de concreto.

5.6.2.1 Granulometría

Es como la proporción en porcentaje de todos los tamaños de agregado en una muestra, para obtener un buen concreto es necesario que la mezcla de la arena y de la piedra logre una proporción adecuada, puesto que con esta condición el volumen de espacios generado entre partículas es mínimo, y por consiguiente la pasta necesaria para pegar y llenar estos espacios, será menor, con lo cual se conseguirá una mezcla de mejores condiciones y mas económica.

El tamaño de un agregado se obtiene utilizando unos tamices de referencia, el tamaño máximo será entonces el que corresponda a la abertura del menor tamiz que permita el paso del 100% del material, y el

² Colección básica del concreto

tamaño máximo nominal, es el de la abertura del tamiz inmediatamente superior a aquel que cuyo retenido acumulado sea igual o supere el 15%.

El tamaño máximo nominal lo que indica es el tamaño promedio de partículas mas grandes que hay dentro de la masa del agregado, es decir el tamaño máximo nominal define mejor el tamaño de las partículas mas grandes de la masa de agregados en su fracción gruesa, mientras que el tamaño máximo solo indica el tamaño de la partícula mas grande que hay en el agregado.

5.6.2.2 Módulo de finura

Es un índice que determina algunas características de los agregados, se usa con la granulometría de las arenas, y se define como el número que se obtiene al dividir por 100 la suma de los porcentajes retenidos acumulados en los tamices utilizados.

El valor de esta operación es mayor cuando el agregado contiene granos más gruesos, y decrece cuando el tamaño de los granos es menor.

5.6.2.3 Textura

Su mayor importancia esta dada debido a su influencia en al adherencia con la pasta del cemento fraguado, así entonces una partícula con una textura rugosa tendrá una mayor adherencia con la pasta, que una partícula de textura lisa.

3.6.2.4 Densidad

Depende totalmente de la roca de donde provienen los agregados, y esta definida como la relación que existe entre la masa y el volumen de una masa determinada.

5.6.3. Propiedades mecánicas

La dureza es el grado de resistencia al desgaste del agregado grueso, depende de la roca proveniente, su importancia esta basada, en concretos que son sometidos a elevadas tasas de abrasión y desgaste.

El agregado grueso se relaciona con el comportamiento de la resistencia del concreto, por su aporte en tamaños de grano dentro de la masa de la mezcla, por esto se busca que la resistencia del agregado nunca falle antes que la de la pasta de cemento endurecida.

La adherencia es la interacción que existe en la zona de contacto agregado-pasta, la cual es producida por una reacción físico-química, entre mas adherencia se logre, mayor será la resistencia del concreto.

5.7. ADICIONES AL CONCRETO

Las adiciones al concreto existen casi desde los mismos inicios del concreto, se sabe de sustancias como sangre de animales y leche que se le adicionaban a los materiales cementantes para poder mejorar sus propiedades y aumentar su durabilidad, pero solo hasta la industrialización del cemento y el concreto es que se inicio el estudio sistemático de las adiciones para las múltiples aplicaciones que hoy en día tiene el concreto.

En general las adiciones al concreto son componentes extras adicionados al concreto de manera sólida o líquida, con el propósito de mejorar las propiedades de la mezcla para un mejor desempeño.

5.7.1. Propiedades del concreto con adiciones

Generalmente hace el concreto más durable y con una resistencia mayor, también se sabe que es menos propenso a la fisuración y al agrietamiento, sus propiedades se pueden modificar en estado fresco, durante el fraguado y en estado endurecido.

En estado fresco se puede lograr un aumento significativo de la manejabilidad con el mismo contenido de agua, se puede reducir la segregación y aumentar el tiempo de manejabilidad de la mezcla.

Durante el fraguado se puede obtener un retardo o aceleramiento del mismo, una reducción del calor de hidratación y un control de exudación.

En estado endurecido se adquiere un aumento de resistencia en todas las edades, un incremento en la resistencia a compresión, flexión y tracción, mayor durabilidad y una disminución notoria de la permeabilidad.

5.7.1.1 Adiciones minerales

Son materiales naturales o subproductos industriales pulverizados que mejoran las propiedades del concreto, estos se subdividen de acuerdo a sus propiedades físicas o químicas.

Los materiales cementantes son sustancias que poseen por si mismas propiedades hidráulicas cementantes, tales como la escoria de alto horno, el cemento natural y la cal hidráulica hidratada.

Las puzolanas son materiales que poseen poco o ninguna propiedad cementante, pero que al entrar en contacto con el agua reaccionan químicamente con el hidróxido de calcio, liberado de la hidratación del cemento, para formar compuestos con propiedades cementantes.

5.8. CONCRETO

El concreto se puede encontrar en estado fresco, en proceso de fraguado y en estado endurecido, y en estos tres estados presenta características diferentes que determinan su desempeño.

La principal propiedad a la que hace referencia el concreto es la resistencia a la compresión, debido a su fácil ejecución y a la efectividad de los resultados, que son suficientes para garantizar un buen comportamiento estructural.

5.8.1. Concreto en estado fresco

Las propiedades del concreto en estado fresco deben permitir que este se pueda trabajar de manera fácil, se le pueda dar la forma requerida y se comporte de la manera adecuada respecto a tiempos y distancias.

5.8.1.1 Trabajabilidad o manejabilidad

Se define como la capacidad que tiene el concreto para ser colocado y compactado apropiadamente sin que se produzca algún problema, y esto está representado por el grado de compactación, cohesividad, plasticidad y consistencia y existe para esto una serie de ensayos que brindan de manera experimental que tan manejable puede ser una mezcla o no.

Ensayo de Asentamiento: Es una medida de la consistencia que da el grado de fluidez de una mezcla, la cual indica que tan seca o húmeda está cuando se encuentra en estado plástico, el ensayo se realiza con el cono de Abrams y el método se encuentra en la norma NTC 396.

5.8.1.2 Segregación

Es la tendencia a la separación de los componentes del concreto, es decir el agregado grueso de la pasta o mortero, esto por una falta de cohesividad, con lo cual su comportamiento ya no es uniforme y homogéneo, las principales causas de esto son, malas gradaciones en los materiales, el tamaño y forma de las partículas, un mal mezclado, exceso de vibrado, o cuando se elaboran mezclas pobres con cantidades de cemento inferiores a las requeridas.

5.8.1.3 Exudación

La exudación es un proceso en el cual el agua de mezclado tiende a elevarse hacia la superficie, debido a que los componentes sólidos no son capaces de retener toda el agua durante el proceso de fraguado.

5.8.2. Concreto en estado endurecido

El concreto es capaz de soportar grandes esfuerzos dependiendo de su estructura y de las características de sus componentes, básicamente las propiedades mecánicas del concreto dependen de la pasta, agregados de la interfase pasta-agregados, y que pueden ser modificadas con procesos de colocación y curado.

5.8.2.1 Resistencia

Es la habilidad para soportar esfuerzos, que pueden ser a la compresión, tracción, flexión y corte, el concreto soporta altos esfuerzos a la compresión, razón por la que se le da más importancia.

La resistencia depende de la pasta, la resistencia propia de los agregados y de la adherencia entre la pasta y las partículas.

5.8.2.2 Elaboración y curado de muestras.

La calidad del concreto endurecido se determina mediante la realización de unas muestras justo antes de vaciar el concreto en la estructura, estas muestras son sometidas a condiciones especiales para más tarde ser ensayadas a las edades especificadas.

5.8.2.3 Ensayo de la resistencia a la compresión

La medida de la resistencia a la compresión se efectúa por medio de ensayos normalizados, las normas NTC 550 y NTC 673 describen los métodos de elaboración y ensayo de los especímenes.

La resistencia a la compresión se mide con una prensa, que aplica una carga sobre la superficie superior del cilindro a una velocidad especificada mientras ocurre la falla, el valor de la carga aplicada a la que falla la probeta se divide por el área transversal del cilindro obteniéndose así el esfuerzo de rotura del concreto.

5.9. Viruta de acero

La viruta de acero es el desecho o residuo generado por algunos procesos industriales de corte o torno, que generan algunas empresas

dedicadas a la elaboración de partes aceradas como por ejemplo para automotores, este material se presenta en formas redondeadas, alargadas, planas, puntiagudas etc., se utilizara como componente adicional del concreto, buscando un porcentaje optimo que incremente las características de las mezclas.

Existen diferentes clases de viruta que dependen generalmente del tipo corte realizado, del proceso de corte y del equipo con que se realicen estos cortes.

5.9.1. Viruta continua

El objetivo fundamental en los Procesos de Manufactura por Arranque de Viruta es obtener piezas de configuración geométrica requerida y acabado deseado. La operación consiste en arrancar de la pieza bruta el excedente (mal sobrante) del metal por medio de herramientas de corte y máquinas adecuadas.

El metal sobrante es la cantidad de material que debe ser arrancado de la pieza en bruto, hasta conseguir la configuración geométrica y dimensiones, precisión y acabados requeridos. La elaboración de piezas es importante, si se tiene una cantidad excesiva del material sobrante, originará un mayor tiempo de maquinado, un mayor desperdicio de material y como consecuencia aumentará el costo de fabricación

Este tipo de viruta, el cual representa el corte de la mayoría de materiales dúctiles que permiten al corte tener lugar sin fractura, es producido por velocidades de corte relativamente altas, grandes ángulos de ataque (entre 10° y 30°) y poca fricción entre la viruta y la cara de la herramienta.

Las virutas continuas y largas pueden ser difíciles de manejar y en consecuencia la herramienta debe contar con un rompe virutas que retuerce la viruta y la quiebra en tramos cortos.

Presente en el corte de la mayoría de los materiales dúctiles, puesto que permite el corte sin lugar a la fractura. Es producto de velocidades de corte relativamente altas, ángulos grandes de rebaje (10 a 30°) y poca fricción entre la viruta y la cara de la herramienta. Las virutas continuas y largas pueden ser difíciles de manejar, por lo que la herramienta debe cortar con un rompe virutas que retuerce la viruta y la quiebra en tramos cortos.

La viruta Continua con protuberancias, es el tipo de viruta que representa el corte de materiales dúctiles a bajas velocidades en donde existe una alta fricción sobre la cara de la herramienta. Esta alta fricción es causa de que una delgada capa de viruta quede cortada de la parte inferior y se

adhiera a la cara de la herramienta. La viruta es similar a la viruta continua, pero la produce una herramienta que tiene una saliente de metal aglutinado soldada a su cara. Periódicamente se separan porciones de la saliente y quedan depositadas en la superficie del material, dando como resultado una superficie rugosa; el resto de la saliente queda como protuberancia en la parte trasera de la viruta.

5.9.2. Viruta discontinua

Este caso representa el corte de la mayoría de los materiales frágiles tales como el hierro fundido y el latón fundido, para estos casos, los esfuerzos que se producen delante del filo de corte de la herramienta provocan fractura. Lo anterior se debe a que la deformación real por esfuerzo cortante excede el punto de fractura en la dirección del plano de corte, de manera que el material se desprende en segmentos muy pequeños. Por lo común se produce un acabado superficial bastante aceptable en estos materiales frágiles, puesto que el filo tiende a reducir las irregularidades.

Las virutas discontinuas también se pueden producir en ciertas condiciones con materiales más dúctiles, causando superficies rugosas. Tales condiciones pueden ser bajas velocidades de corte o pequeños ángulos de ataque en el intervalo de 0° a 10° para avances mayores de 0.2 mm. El incremento en el ángulo de ataque o en la velocidad de corte normalmente elimina la producción de la viruta discontinua.

6. ENSAYOS DE LABORATORIO.

En este segmento se presentaran los resultados de los ensayos de laboratorio realizado a los materiales, necesarios para elaborar el diseño de mezcla de concreto, los procedimientos no se tendrán en cuenta, para más claridad remitirse a las NTC citadas, las cuales establecen los parámetros para los ensayos.

6.1. Cemento (NTC-121)

La empresa Prevesa Ltda. trabaja con cemento Argos tipo III de resistencias altas a tempranas edades, de la empresa Argos s.a. la cual emite un informe semanal de las propiedades del cemento.

En la siguiente tabla se muestran los datos.

Tabla 1. Propiedades del Cemento.

DESCRIPCIÓN	UNIDADES	VALORES	RANGO
Peso específico	g/cm ³	3.13	
Finura Blaine	cm ² /gr	5007	Min 2800
Consistencia Normal	%	27.75	
Fraguado inicial	min	101	> 45
Fraguado final	min	197	< 480
Resistencia 1 días	Kg/cm ²	202	> 100
Resistencia 3 días	Kg/cm ²	306	> 210
Resistencia 7 días	Kg/cm ²	420	
Resistencia 28 días	Kg/cm ²	540	

6.2. GRANULOMETRÍA.

La granulometría es básicamente realizar una distribución de los tamaños del material por medio de una serie de tamices con unas aberturas indicadas.

6.2.1. Granulometría del agregado grueso (NTC 77)

Se le realiza al material comúnmente conocido como grava o triturado, y que proviene de la fuente de agregados de Pescadero, a continuación se anexa la tabla de la granulometría del agregado grueso.

Tabla 2. Granulometría Agregado Grueso.

TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RET ACUMULAD O	% PASA TOTAL
1 1/2	0	0.00%	0.00%	100.00%
1"	0	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	458	22.92%	22.92%	77.08%
1/2"	1012	50.65%	73.57%	26.43%
3/8"	270	13.51%	87.09%	12.91%
No 4	213	10.66%	97.75%	2.25%
No 8	45	2.25%	100.00%	0.00%
fondo	0	0.00%	100.00%	0.00%
TOTAL	1998			

El tamaño máximo es el tamiz inferior que deje pasar el 100% del material, en este caso el TAMAÑO MÁXIMO es **1"**.

El tamaño máximo nominal es el tamiz inmediatamente superior al primero que iguale o supere el 15% el material retenido, en este caso el TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL ES **1"**.

En la siguiente figura se pueden apreciar los resultados de una forma mas clara.

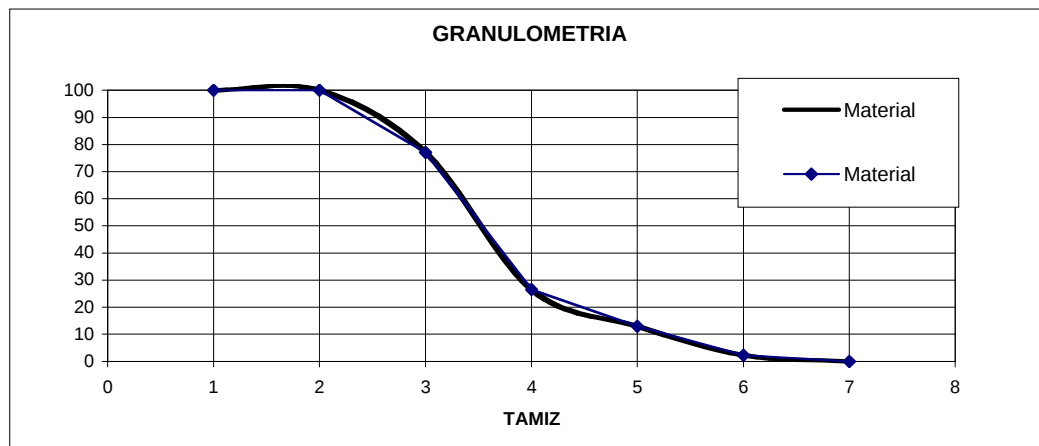


Figura 1. Granulometría Agregado Grueso.

6.2.2. Granulometría agregado fino

Este ensayo se le realiza al material conocido comúnmente como arena y también es proveniente de una fuente de agregados de pescadero, a continuación se anexa la tabla de granulometría de la arena.

Tabla 3. Granulometría Agregado Fino.

TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RET ACUMULADO	% PASA TOTAL
3/8"	0	0	0	1
No 4"	41	0.041	0.041	0.959
No 8"	108	0.108	0.149	0.851
No 16"	152	0.152	0.301	0.699
No 30"	215	0.215	0.516	0.484
No 50	230	0.23	0.746	0.254
No 100	179	0.179	0.925	0.075
No 200	60	0.06	0.985	0.015
FONDO	15	0.015		
TOTAL	1000			

El módulo de finura da un valor relativo de los tamaños de los granos presentes en el agregado fino y se expresa así.

$$M.F. = \frac{\sum \% \text{retenido acumulado}}{100} = \frac{267.8}{100}$$

$$M.F. = 2.678$$

En la siguiente grafica se pueden observar los resultados más claros.

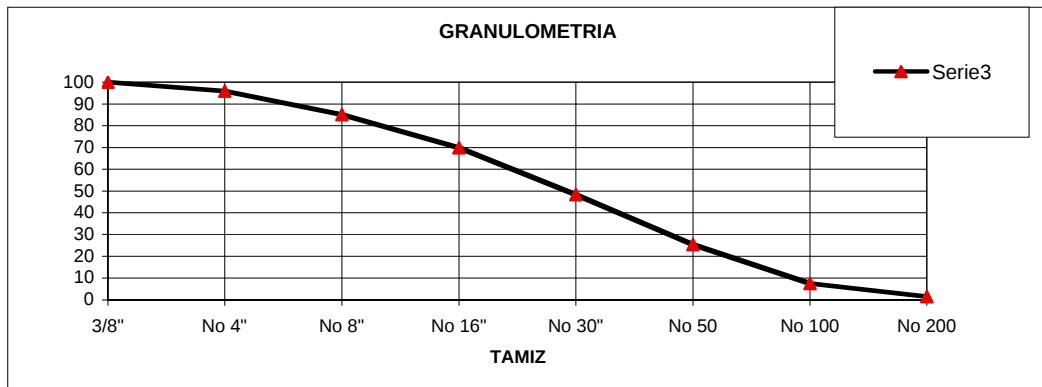


Figura 2. Granulometría Agregado Fino.

6.3. Masa unitaria suelta y compacta (NTC 92)

Se define como la relación que existe entre el peso del material que se compone de varias partículas, y el volumen que estas partículas ocupan en un volumen conocido, y que varía respecto a la forma en como se acomodan estas partículas.

6.3.1. MUS y MUC Agregado fino.

En la tabla se obtienen los valores de los ensayos realizados

Tabla 4. Masa Unitaria Suelta y Compacta Agregado Fino.

Masa (Kg)	Condición	
	Suelta	Compacta
Molde + Muestra No 1 (Kg)	10.8	12.1
Molde + Muestra No 2 (Kg)	10.9	11.9
Molde + Muestra No 3 (Kg)	11.1	12.2
Promedio (kg)	10.93	12.07
Peso arena (Kg)	7.82	8.96
Masa Unitaria (g/cm³)	1.57	1.80

6.3.2. MUS y MUC Agregado grueso

En la tabla se obtienen los valores de los ensayos realizados

Tabla 5. Masa Unitaria Suelta y Compacta Agregado Grueso.

Masa (g)	Condición	
	Suelta	Compacta
Molde + Muestra No 1 (Kg)	9.8	10.6
Molde + Muestra No 2 (Kg)	9.8	10.5
Molde + Muestra No 3 (Kg)	9.7	10.6
Promedio (kg)	9.77	10.57
Peso arena (Kg)	6.66	7.46
Masa Unitaria (g/cm³)	1.34	1.50

6.4. Densidad y absorción

Existen ciertos tipos de densidades en los agregados, para efecto del concreto la más importante es la densidad aparente, debido a que con ella se calcula la masa de agregado requerida para un volumen unitario de concreto, porque los poros interiores de las partículas también ocupan un volumen en la masa del concreto.

6.4.1. Peso específico y absorción agregado fino

Los cálculos para hallar estos valores se muestran a continuación

$$\text{Peso específico} = \frac{P_s}{P_{sss} - (P_w - P_{sss})}$$

$$\text{Absorción} = \frac{P_{sss} - P_s}{P_s} * 100$$

Pw = peso de la muestra en agua

Psss = peso de la muestra superficialmente seca y saturada

Ps = peso de la muestra seca

Pw = 798.6g

Psss = 500g

Ps = 495.1g

Peso específico = 2.45 g/cm³

Absorción = 1%

6.4.2. Peso específico agregado grueso

Los cálculos para hallar estos valores se muestran a continuación

$$\text{Densidad aparente} = \frac{P_s}{P_{sss} - P_w}$$

Pw = Peso de la muestra sumergida en agua

Psss = Peso de la muestra superficialmente seca y saturada

Ps = Peso de la muestra seca

Pw = 2920g

Psss = 4735g

Ps = 4662g

Densidad aparente = 2.57 g/cm³

7. DISEÑO DE MEZCLA.

El diseño se realizó reemplazando el agregado fino por el porcentaje de adición de viruta deseado.

7.1. Características de los materiales.

A continuación se muestra el resumen de los materiales utilizados para el diseño de mezcla con adición de viruta de acero.

Tabla 6. Propiedades de los Agregados.

Propiedades	Agregado Grueso	Agregado Fino	Viruta
Peso Específico	2570	2450	3330
Absorción		1%	
Masa Unitaria Suelta	1340	1570	
Humedad		5%	
Masa Unitaria Compacta	1500	1800	
Tamaño Máximo (mm)	25.4		
Tamaño Máximo Nominal (mm)	25.4		

Resistencia de diseño = 3000 Psi

Selección asentamiento: mezcla normal
Asentamiento 10 cm

Tamaño máximo nominal: 1"

Contenido aproximado de aire: 1.5%

Cantidad de agua: 194.6 kg/m³

Relación agua/cemento: 0.58

Contenido de cemento: 335.5 kg/m³

Por medio de la grafica de fuller y thompson se obtienen las proporciones de los agregados

Porcentaje agregado grueso = 56%

Porcentaje agregado fino = 44%

Ajuste por humedad:
 Humedad agregado fino = 6.4 %
 Agua ajustada = 34.9Kg
 Agua de mezclado = 159.7 Kg

7.2. Diseño de Mezclas para realización de cilindros.

Las tablas muestran el diseño específico para cada adición.

Tabla 7. Diseño Mezcla Estándar (Sin adición de viruta).

Concreto Sin Viruta			
Materiales	Masa (kg)	Densidad (kg/m ³)	Vol (m ³)
Aire	0.000	0	0.015
Agua	159.68	1000	0.195
Cemento	335.52	3130	0.107
Agregado Grueso	980.77	2620	0.369
Agregado Fino	799.94	2420	0.314
	2275.901		1.000

Tabla 8. Diseño Mezcla 6% Adición de Viruta.

Viruta 6%			
Materiales	Masa (kg)	Densidad (kg/m ³)	Vol (m ³)
Aire	0.000	0	0.015
Agua	161.568	1000	0.195
Cemento	335.517	3130	0.107
Agregado Grueso	980.769	2620	0.369
Agregado Fino	751.943	2420	0.295
Viruta	62.744	3330	0.019
	2292.54		1.000

Tabla 9. Diseño Mezcla 8% Adición de Viruta

Viruta 8%			
Materiales	Masa (kg)	Densidad (kg/m ³)	Vol (m ³)
Aire	0.000	0	0.015
Agua	162.199	1000	0.195
Cemento	335.517	3130	0.107
Agregado Grueso	980.769	2620	0.369
Agregado Fino	735.944	2420	0.289
Viruta	83.659	3330	0.025
	2298.09		1.000

Tabla 10. Diseño de Mezcla 10% Adición de Viruta.

Viruta 10%			
Materiales	Masa (kg)	Densidad (kg/m³)	Vol (m³)
Aire	0.000	0	0.015
Agua	162.830	1000	0.195
Cemento	335.517	3130	0.107
Agregado Grueso	980.769	2620	0.369
Agregado Fino	719.95	2420	0.283
Viruta	104.6	3330	0.031
	2303.64		1.000

8. REALIZACIÓN DE LAS MUESTRAS.

En este capítulo se describirá la forma de fabricación del concreto en la planta Prevesa Ltda., se tratará todo el proceso de la elaboración de las muestras de concreto y el tratamiento de curado de las mismas.

8.1. Proceso fabricación del concreto

Las materias primas son llevadas a la planta, los agregados se descargan en una zona llamada la estrella nombrada de esta manera debido a su forma, como se puede apreciar en la siguiente figura.



Figura 3. La Estrella.



Figura 4. Zona de Descargue de Agregados.

El descargue de cemento se realiza en unos silos donde es almacenado, ya que su manejo se hace a granel y es transportado por mulas con cisternas, como se puede apreciar en las figuras.



Figura 5. Silos de Cemento.



Figura 6. Transporte de Cemento.

La cabina de mando desde donde se controlan todas las operaciones de la máquina es manejada por una persona altamente capacitada y con muchos años de experiencia, los diseños de mezcla ya establecidos en el computador solo necesitan ser activados dependiendo de lo que se necesite.



Figura 7. Cabina de Mando.



Figura 8. Controles para el diseño de mezcla.

La máquina por medio de unas básculas dosifica el material en un ski, el cual transporta el agregado hasta un mezclador, el agua y el cemento también son pesados y llevados al mezclador para agitar por unos segundos la mezcla, logrando que el concreto salga listo a la mixer.



Figura 9. Vaciado de Agregado en el Ski.



Figura 10. Concreto Listo vaciado en la Mixer.

8.2. Manejo de la viruta

A la viruta ya seleccionada, es necesario aplicarle un lavado con un jabón industrial, se pesa y se adiciona en el ski junto con los agregados, para que su proceso de mezclado sea mejor.



Figura 11. Pesaje de la Viruta.

8.3. Toma del asentamiento.

La mezcla permanece todo el tiempo en la mixer para no perder sus propiedades de manejabilidad y fluidez, se le practica un ensayo de asentamiento a cada una de las mezclas, los valores de asentamiento estuvieron entre 4" y 5" manteniendo un margen de tolerancia aceptable.



Figura 12. Concreto para realizar los cilindros.



Figura 13. Cono de abrams.

8.4. Elaboración de los cilindros de concreto

El procedimiento del ensayo se hace estrictamente bajo la norma NTC 454 y NTC 1377, para lograr que la toma de muestras no altere los resultados cuando los cilindros se fallen a compresión.



Figura 14. Cilindros de Concreto.



Figura 15. Muestras de cilindros de concreto.

8.5. Curado de los especímenes de concreto

El proceso de curado se inicia inmediatamente se descamisan los cilindros, unas 24 horas después de haber elaborado la muestra, y tienen que permanecer en esas condiciones hasta el día de fallarlos, el curado se realiza en unas pilas estrictamente utilizadas para esto, limpias y el agua en las mejores condiciones.

9. RESULTADOS.

Después de haber elaborado las muestras de concreto estándar y las de adición del 6% 8% y 10% y haberle dado un curado en las mejores condiciones, se procede a fallar las muestras a compresión a la edad especificada 3, 7, y 28 días, las tablas muestran los diferentes esfuerzos a las distintas edades y distintos porcentajes de adición de viruta.

9.1. Resistencia a la Compresión prueba estándar.

A continuación se observan los resultados obtenidos del diámetro, fuerza y esfuerzo de las muestras probadas a los tres (3), siete (7) y veintiocho (28) días del concreto sin adición de viruta.

Tabla 11. Resistencia a la Compresión Muestra Estándar. (3 días).

Muestra	ϕ (mm)	Área (mm ²)	Fuerza (kN)	σ (MPa)
1	152	18145.84	280.4	15.45
2	150	17671.46	266.7	15.09
3	151	17907.86	277.1	15.47
4	151	17907.86	272.8	15.23
5	151	17907.86	268.4	14.99
6	152	18145.84	282.7	15.58
7	150	17671.46	262.1	14.83
8	150	17671.46	270.4	15.30
9	151	17907.86	265.2	14.81
10	151	17907.86	273.3	15.26

Tabla 12. Resistencia a la Compresión Muestra Estándar. (7 días).

Muestra	ϕ (mm)	Área (mm ²)	Fuerza (kN)	σ (MPa)
1	150	17671.46	307.4	17.40
2	151	17907.86	320.3	17.89
3	151	17907.86	307.5	17.17
4	151	17907.86	302.7	16.90
5	151	17907.86	315.3	17.61
6	152	18145.84	312.2	17.21
7	151	17907.86	301.2	16.82
8	152	18145.84	325.7	17.95
9	150	17671.46	314.6	17.80
10	150	17671.46	303.2	17.16

**Tabla 13. Resistencia a la Compresión Muestra Estándar.
(28 días).**

Muestra	ϕ(mm)	Área (mm²)	Fuerza (kN)	σ (MPa)
1	151	17907.86	401.1	22.40
2	150	17671.46	388.4	21.98
3	152	18145.84	418.7	23.07
4	151	17907.86	410.3	22.91
5	150	17671.46	403.1	22.81
6	151	17907.86	399.2	22.29
7	150	17671.46	392.5	22.21
8	152	18145.84	413.3	22.78
9	151	17907.86	396.8	22.16
10	151	17907.86	403.6	22.54

9.2. Resistencia a la Compresión 6% de Adición de Viruta.

A continuación se observan los resultados obtenidos del diámetro, fuerza y esfuerzo de las muestras probadas a los tres (3), siete (7) y veintiocho (28) días del concreto con adición de viruta del 6%.

**Tabla 14. Resistencia a la compresión 6% de Adición de Viruta
(3 días).**

Muestra	ϕ(mm)	Área (mm²)	Fuerza (kN)	σ (MPa)
1	151	17907.86	340.3	19.00
2	150	17671.46	332.4	18.81
3	151	17907.86	352.6	19.69
4	151	17907.86	346.1	19.33
5	150	17671.46	338.5	19.16
6	152	18145.84	357.8	19.72
7	152	18145.84	353.1	19.46
8	151	17907.86	344.8	19.25
9	150	17671.46	334.9	18.95
10	151	17907.86	339.8	18.97

**Tabla 15. Resistencia a la compresión 6% de Adición de Viruta
(7 días).**

Muestra	ϕ(mm)	Área (mm²)	Fuerza (kN)	σ (MPa)
1	150	17671.46	380.2	21.51
2	152	18145.84	410.3	22.61
3	150	17671.46	387.1	21.91
4	151	17907.86	395.6	22.09
5	151	17907.86	400.7	22.38
6	151	17907.86	406.4	22.69
7	151	17907.86	393.2	21.96
8	151	17907.86	408.3	22.80
9	152	18145.84	415.4	22.89
10	150	17671.46	384.2	21.74

**Tabla 16. Resistencia a la compresión 6% de Adición de Viruta
(28 días).**

Muestra	ϕ(mm)	Área (mm²)	Fuerza (kN)	σ (MPa)
1	151	17907.86	490.7	27.40
2	151	17907.86	480.1	26.81
3	151	17907.86	470.1	26.25
4	152	18145.84	499.5	27.53
5	151	17907.86	482.1	26.92
6	152	18145.84	503.2	27.73
7	151	17907.86	478.3	26.71
8	150	17671.46	455.6	25.78
9	150	17671.46	467.3	26.44
10	150	17671.46	471.2	26.66

9.3. Resistencia a la Compresión Muestras 8% de Adición de Viruta.

A continuación se observan los resultados obtenidos del diámetro, fuerza y esfuerzo de las muestras probadas a los tres (3), siete (7) y veintiocho (28) días del concreto con adición de viruta del 8%.

Tabla 17. Resistencia a la Compresión 8% de Adición de Viruta (3 días).

Muestra	ϕ(mm)	Área (mm²)	Fuerza (kN)	σ (MPa)
1	151	17907.86	431.2	24.08
2	152	18145.84	446.2	24.59
3	151	17907.86	437.2	24.41
4	150	17671.46	421.6	23.86
5	152	18145.84	443.6	24.45
6	151	17907.86	423.8	23.67
7	150	17671.46	419.5	23.74
8	151	17907.86	432.7	24.16
9	152	18145.84	435.9	24.02
10	151	17907.86	428.1	23.91

Tabla 18. Resistencia a la Compresión Muestras 8% de Adición de Viruta. (7 días).

Muestra	ϕ(mm)	Área (mm²)	Fuerza (kN)	σ (MPa)
1	152	18145.83917	480.4	26.47
2	151	17907.86352	463.2	25.87
3	151	17907.86352	467.5	26.11
4	150	17671.45868	453.2	25.65
5	151	17907.86352	463.2	25.87
6	151	17907.86352	473.6	26.45
7	150	17671.45868	455.2	25.76
8	151	17907.86352	461.2	25.75
9	152	18145.83917	475.2	26.19
10	150	17671.45868	458.3	25.93

Tabla 19. Resistencia a la Compresión Muestras 8% de Adición de Viruta. (28 días).

Muestra	ϕ (mm)	Área (mm ²)	Fuerza (kN)	σ (MPa)
1	150	17671.45868	560.2	31.70
2	150	17671.45868	555.7	31.45
3	151	17907.86352	570.3	31.85
4	151	17907.86352	563.7	31.48
5	152	18145.83917	583.1	32.13
6	151	17907.86352	579.2	32.34
7	151	17907.86352	567.8	31.71
8	151	17907.86352	565.2	31.56
9	150	17671.45868	556.3	31.48
10	152	18145.83917	584.3	32.20

9.4. Resistencia a la Compresión de Muestras con 10% de Adición de Viruta.

A continuación se observan los resultados obtenidos del diámetro, fuerza y esfuerzo de las muestras probadas a los tres (3), siete (7) y veintiocho (28) días del concreto con adición de viruta del 10%.

Tabla 20. Resistencia a la Compresión Muestras 10% de Adición de Viruta. (3 días).

Muestra	ϕ (mm)	Área (mm ²)	Fuerza (kN)	σ (MPa)
1	151	17907.86352	512.7	28.63
2	152	18145.83917	523.1	28.83
3	150	17671.45868	497.3	28.14
4	151	17907.86352	512.1	28.60
5	150	17671.45868	486.3	27.52
6	151	17907.86352	511.3	28.55
7	151	17907.86352	498.2	27.82
8	152	18145.83917	516.3	28.45
9	151	17907.86352	508.1	28.37
10	150	17671.45868	493.2	27.91

Tabla 21. Resistencia a la Compresión Muestras 10% de Adición de Viruta. (7 días).

Muestra	ϕ (mm)	Área (mm ²)	Fuerza (kN)	σ (MPa)
1	150	17671.45868	570.2	32.27
2	152	18145.83917	593.2	32.69
3	150	17671.45868	562.8	31.85
4	151	17907.86352	587.4	32.80
5	151	17907.86352	582.1	32.51
6	151	17907.86352	571.3	31.90
7	152	18145.83917	591.2	32.58
8	150	17671.45868	569.3	32.22
9	151	17907.86352	570.3	31.85
10	151	17907.86352	585.6	32.70

Tabla 22. Resistencia a la Compresión Muestras 10% de Adición de Viruta. (28 días).

Muestra	ϕ (mm)	Área (mm ²)	Fuerza (kN)	σ (MPa)
1	152	18145.83917	665.2	36.66
2	150	17671.45868	645.3	36.52
3	151	17907.86352	650.3	36.31
4	151	17907.86352	657.4	36.71
5	150	17671.45868	640.8	36.26
6	152	18145.83917	667.3	36.77
7	151	17907.86352	653.4	36.49
8	150	17671.45868	639.9	36.21
9	151	17907.86352	665.7	37.17
10	151	17907.86352	661.2	36.92

9.5. Resumen de Resultados.

En esta sección se mostrarán los resultados promedios del trabajo de grado propio y del trabajo de grado anterior, "Optimización de un Concreto de 3000 PSI mejorando la Resistencia a la Compresión adicionando viruta de acero", buscando comparar los resultados en los diferentes porcentajes de adición de viruta.

La siguiente tabla muestra los esfuerzos promedios del concreto obtenidos a las diferentes edades y a los distintos porcentajes de adición de viruta a 6%, 8% y 10% de adición de viruta, también se incluyen los esfuerzos promedios de la tesis anterior obtenidos en los porcentajes de adición del 15% y 20%

Tabla 23. Esfuerzo Promedio de Concreto.

Esfuerzos promedio (Mpa)			
Cilindros	3 días	7 días	28 días
Estandar	15.20	17.39	22.51
6% viruta	19.23	22.26	26.82
8% viruta	24.09	26.00	31.79
10% viruta	28.28	32.34	36.60
15% viruta	16.93	14.88	19.50
20% viruta	10.52	12.03	14.28

Como se puede observar la evolución de la resistencia es uniforme a través del tiempo y de igual manera hasta la adición de 10%, en este punto se obtiene el esfuerzo máximo de resistencia, después de este porcentaje se nota que los esfuerzos empiezan a disminuir.

Tabla 24. Porcentaje de Aumento de Resistencia respecto a la Muestra Estándar.

Porcentajes de aumento de resistencia (MPa)			
% Viruta	3 días	7 días	28 días
6	26.52	28.00	19.14
8	58.45	49.54	41.19
10	86.04	85.95	62.57
15	11.34	-14.43	-13.38
20	-30.78	-30.85	-36.58

En esta tabla se muestran los porcentajes de aumento de la resistencia de las muestras adicionadas con viruta de acero en referencia a la muestra estándar, los porcentajes de incrementos muestran que tanto se aumento la resistencia en todas las edades.

10. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

10.1. Resultados resistencia a la Compresión a los tres (3) días.

Estas graficas presentan los diferentes esfuerzos de las muestras elaboradas con y sin adición de viruta.

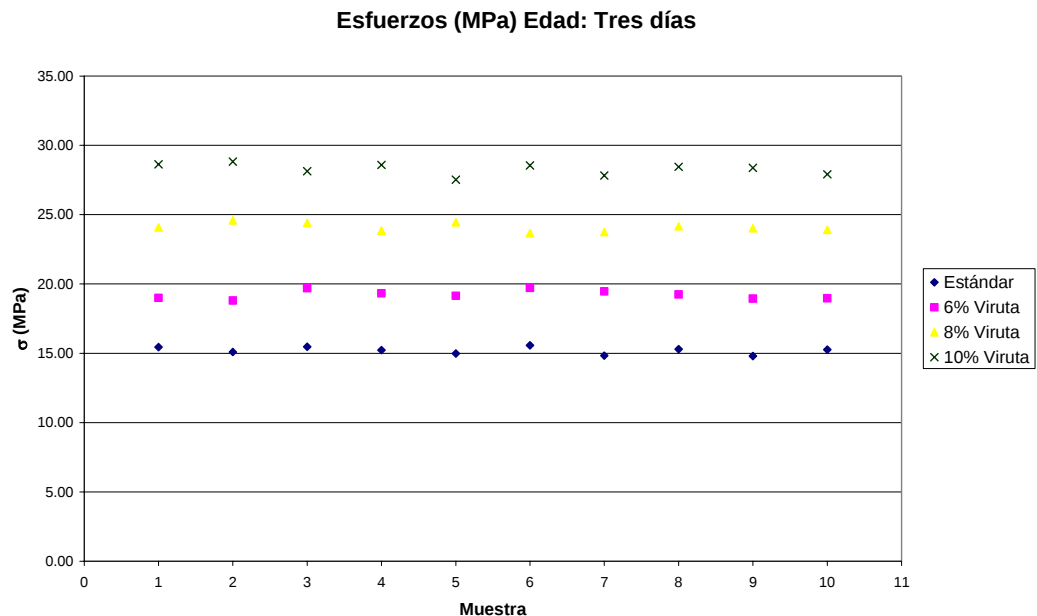


Figura 16. Esfuerzos de las muestras Edad 3 días.

Como se puede ver en la figura la resistencia se comportó de manera evolutiva en las diferentes muestras con y sin adición de viruta, el incremento en la resistencia sucede en la forma que se esperaba, a medida que aumenta el porcentaje de adición, los esfuerzos alcanzados van mejorando significativamente.

En las gráficas de relación de esfuerzos promedios y de aumento de la resistencia, se incluyen los resultados de los datos obtenidos en la tesis de grado “Optimización de un concreto de 3000 psi mejorando la resistencia a la compresión adicionando viruta de acero”, para hacer un mejor análisis con todos los datos, con lo cual se nota más claramente el incremento evolutivo de la resistencia, y donde se observa que el resultado más óptimo de adición de viruta es el 10%, los porcentajes de adición mayores al 10%, generan un comportamiento inusual en el concreto al decrecer de manera abrupta su resistencia, sin alguna explicación aparente.

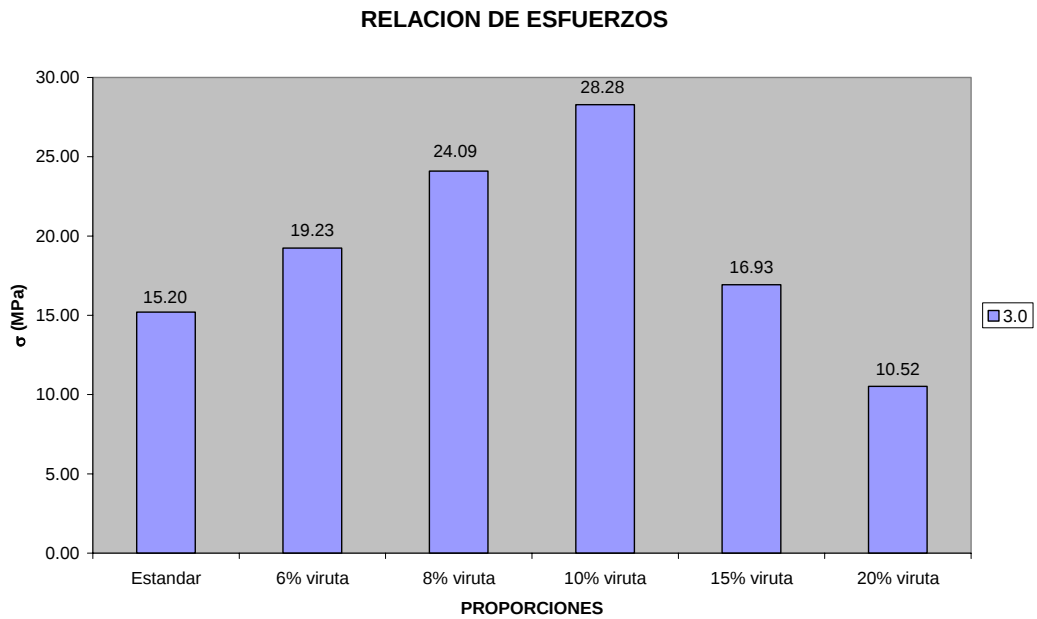


Figura 17. Promedios de Esfuerzos Edad 3 días.

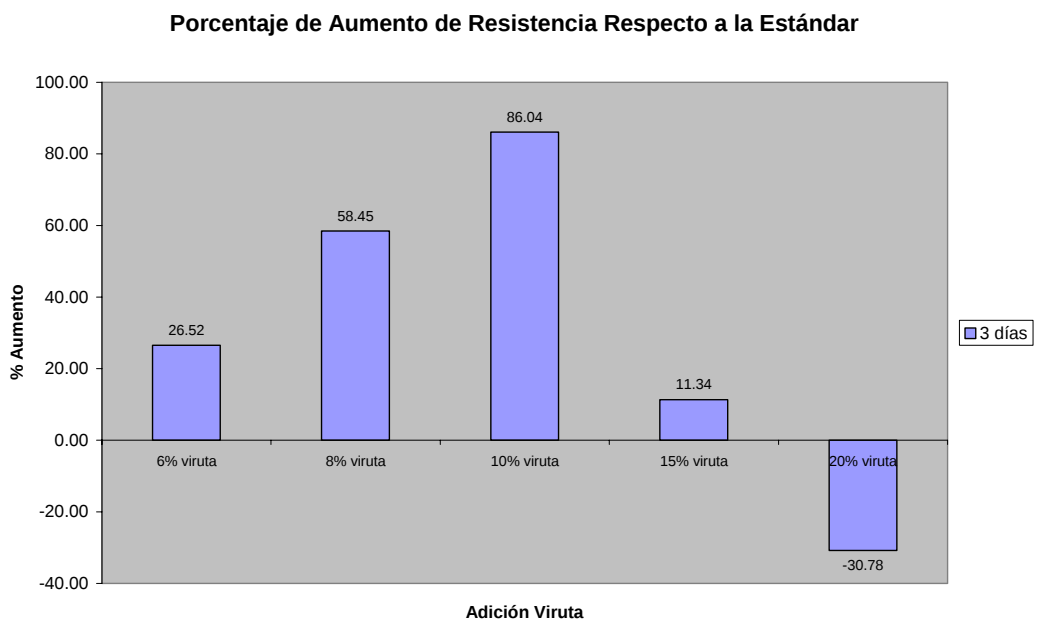


Figura 18. Porcentaje de Aumento de Resistencia respecto a la Muestra estándar a los 3 días.

10.2. Resistencia a la Compresión a los siete (7 días).

Estas graficas presentan los diferentes esfuerzos de las muestras elaboradas con y sin adición de viruta.

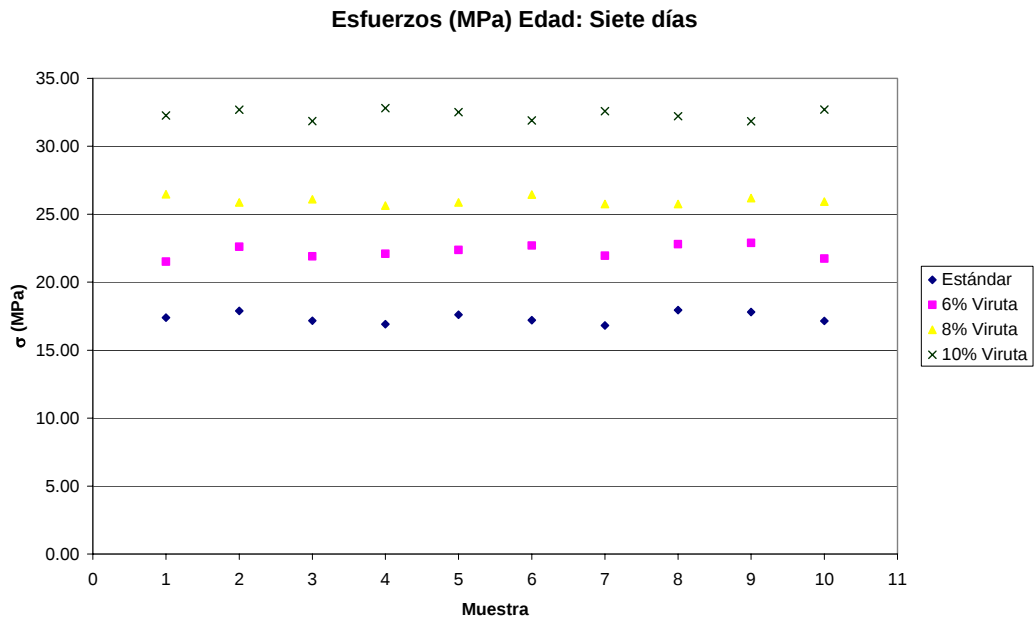


Figura 19. Esfuerzos de las Muestras a los siete (7) días.

El comportamiento del concreto en esta edad fue muy similar a la de tres días, los incrementos fueron evolutivos respecto a los porcentaje de adición, se observa que la tendencia es la misma a más porcentaje de adición de viruta la resistencia se incrementa de manera muy significativa.

En las gráficas de relación de esfuerzos y esfuerzos promedios, se nota pues un incremento casi en las mismas proporciones que a tres días, pero la diferencia con este es que en los resultados anteriores, hubo un decrecimiento en el porcentaje de adición del 15%, a los tres días, ocurrió un leve aumento con respecto a la muestra estándar. Cuando se analizó la muestra a los siete días se esperaba que la muestra siguiera presentando el mismo comportamiento, pero se presentó fue una caída del aumento de la resistencia. En la muestra de 20% de adición de viruta, se presentó como a los tres días una disminución de la resistencia.

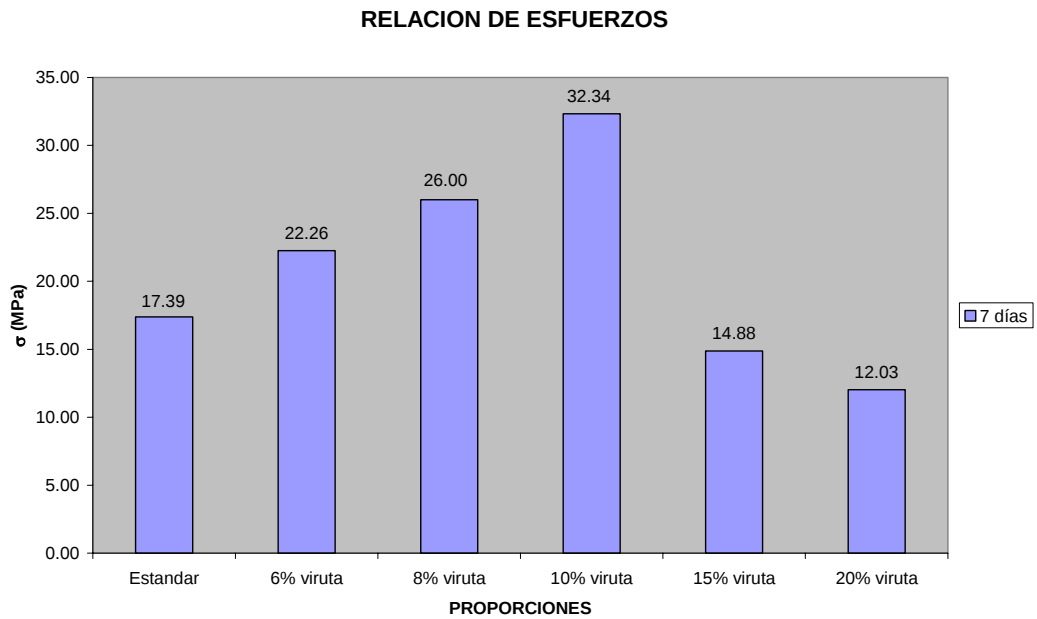


Figura 20. Esfuerzos Promedios Edad 7 días.

Porcentaje de Aumento de Resistencia Respecto a la Estándar

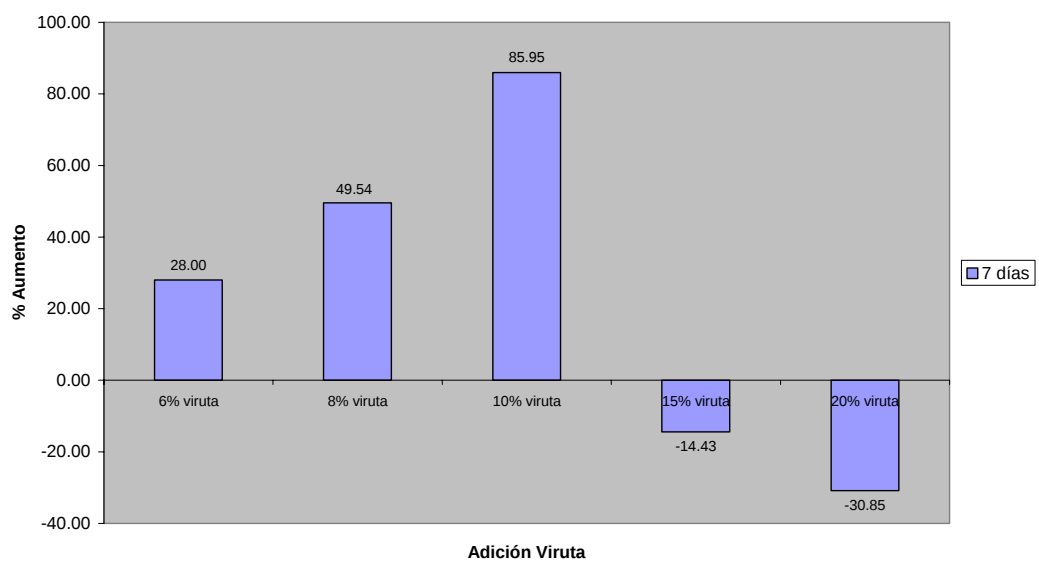


Figura 21. Porcentaje de Aumento Resistencia Edad 7 días.

10.3. Resistencia a la Compresión Edad 28 días.

Estas gráficas presentan los diferentes esfuerzos de las muestras elaboradas con y sin adición de viruta.

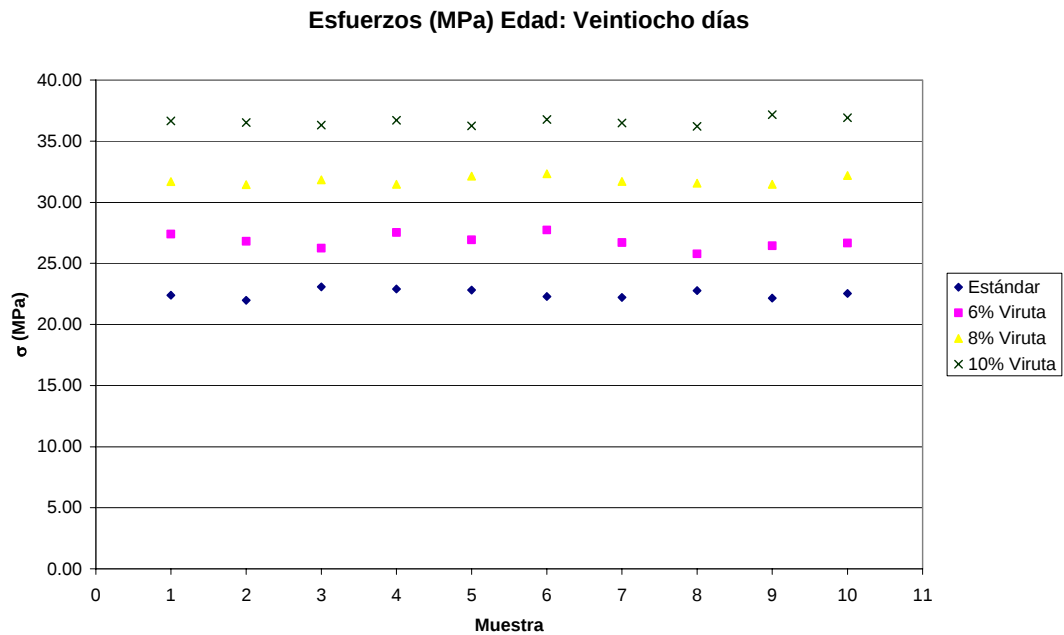


Figura 22. Esfuerzos de las Muestras 28 días.

Como se muestra en la figura, se da a entender claramente como ocurrió el comportamiento de las muestras respecto al tiempo y al porcentaje de adición de viruta, la evolución fue similar en todos los casos y edades y con porcentajes de incremento muy cercanos entre sí, aquí notamos que todas las muestras de los diferentes porcentajes de adición, superaron los esfuerzos estándar, alcanzando unos resultados óptimos, logrados con la adición de viruta del 10%.

En las gráficas de relación de esfuerzos y porcentaje de aumento, se muestra que el mejor resultado sigue siendo el de la adición del 10% y manteniendo su crecimiento respecto al tiempo y a los porcentajes de adición, aunque los porcentajes de aumento disminuyeron respecto al trabajo anterior, fueron muy significativos, alcanzando mas de un 60%, en el porcentaje de adición del 10% a los 28 días de edad.

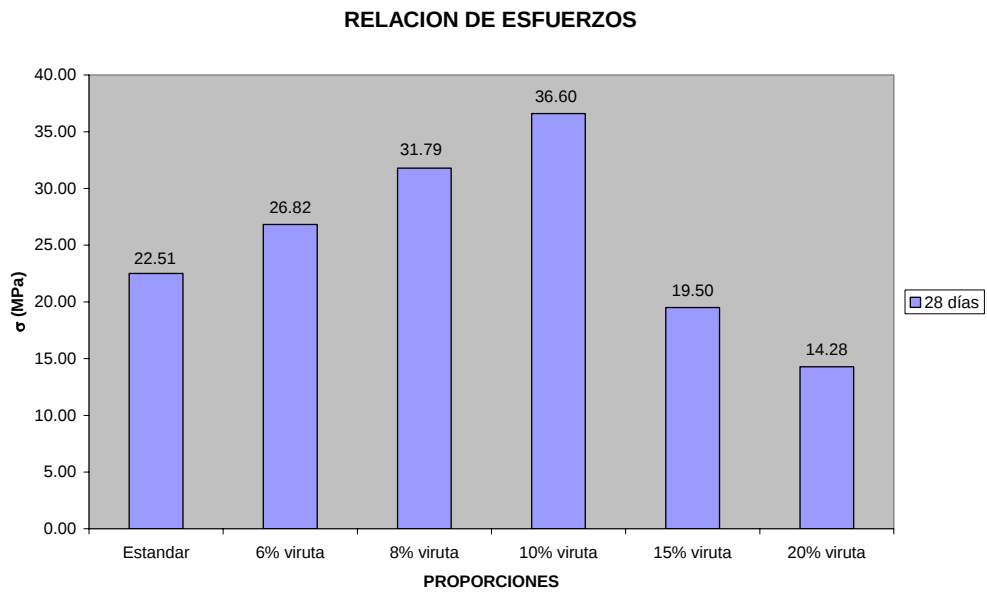


Figura 23. Resistencia Promedio Edad 28 días.

Porcentaje de Aumento de Resistencia Respecto a la Estándar

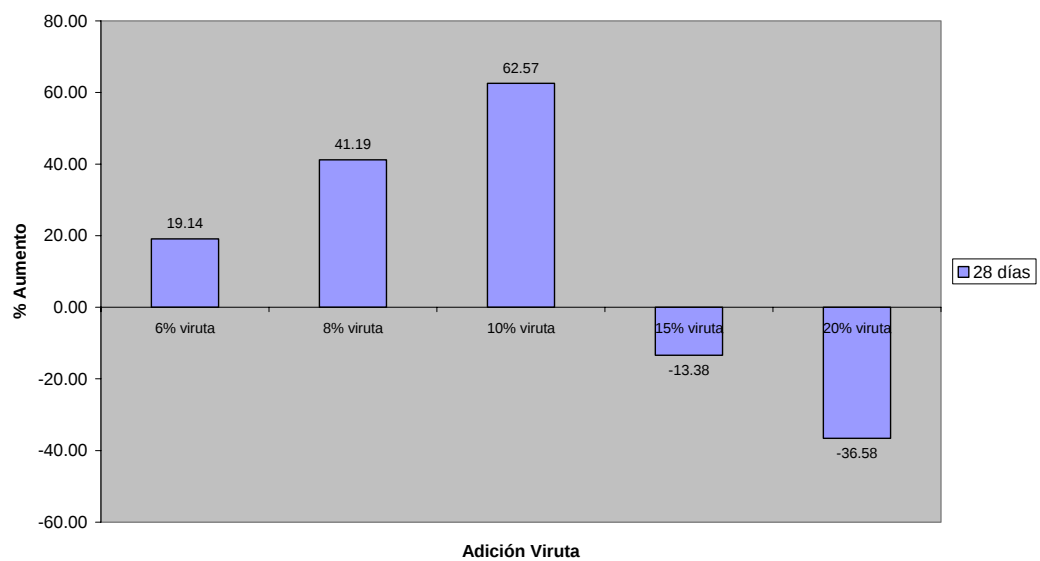


Figura 24. Porcentaje de Aumento de Resistencia Respecto a la Muestra estándar 28 días.

11. CONCLUSIONES

- Con los porcentajes de adición de viruta que se plantearon en el proyecto, se lograron obtener unos resultados óptimos con todas los porcentajes de adición y en todas las edades.
- Analizando los resultados obtenidos, se concluye que el porcentaje de adición de viruta que arroja los mejores resultados es el de adición del **10%**, alcanzando a los **28 días** de edad una resistencia promedio de **36 Mpa** y alcanzando un incremento con respecto a la muestra patron del 62%
- Cuando se observa el porcentaje de aumento de la resistencia, en cada una de las edades de los diferentes porcentajes de adición de viruta, se pudo observar que a las edades tempranas se logra un aumento mayor que el que se presenta a los 28 días, a los tres y siete días respectivamente hay un incremento del 86% y 85% y a los 28 días un 62%
- La adición de viruta de acero a las mezclas de concreto no afecta en nada su manejabilidad, ni su fluidez, lo que no impide que la mezcla se manipule de manera normal.
- Con los resultados obtenidos, y realizando un estudio detallado se pueden hacer diseños de mezclas más económicos y que se comporten de forma más eficaz.
- Con la adición de viruta a las mezclas de concreto se obtiene resultados muy buenos, aún así no hay que desconocer que el proceso de obtención de la misma es algo complicado, debido a su utilización indebida con fines destructivos, se necesitarían realizar convenios con las empresas que producen estos residuos.

12. RECOMENDACIONES

- Es importante hacer un estudio minucioso a la estructura donde se utilice la mezcla de concreto con adición de viruta de 10% (óptima), para analizar el de este aditivo con el tiempo, observando si se presentan problemas a causa de utilizar este residuo, como carbonatación, corrosión y durabilidad.
- Debido al gran aumento en la resistencia, se podría lograr una reducción importante de cemento en las mezclas, que significaría un ahorro importante, pero teniendo en cuenta que una reducción muy grande de cemento en las mezclas, ocasionaría que los concretos se elaboraran con relaciones agua/cemento muy altas, las cuales pueden ocasionar problemas a las estructuras respecto a su durabilidad y permeabilidad, aumentando así la penetración de agentes dañinos agresivos que deterioren la estructura por completo.
- Sería interesante hacer unos ensayos de carga y deflexión para poder calcular el módulo de elasticidad y comparar como se comporta el concreto en su rango elástico con respecto a los demás.
- Con estos resultados y algunos estudios posteriores también existe la posibilidad de trabajar mezclas adicionadas con viruta, en estructuras que necesiten evolución de su resistencia a edades muy tempranas, como las diferentes construcciones con sistemas industrializados, y en Bucaramanga sería una buena opción debido al número de edificaciones de este tipo que se están realizando.
- Lo más importante de este trabajo es continuar con las investigaciones, y buscar nuevas aplicaciones de la viruta de acero, como por ejemplo para un diseño de mezcla para estructuras que trabajen a flexión como pavimentos y pisos.

13. BIBLIOGRAFÍA

Sánchez de Guzmán, Diego. Colección Básica del concreto 1 tecnología y propiedades, 1997

Sánchez de Guzmán, Diego Colección Básica del concreto 4 concretos y morteros, 1998

Sánchez de Guzmán, Diego tecnología del concreto y del mortero. Biblioteca de la construcción

Osorio, José Manual de control de calidad de concreto en obra, Asocreto

Osorio, José Cartilla José concreto, Asocreto

Barrera Martínez, Ever. Navas Villamizar Néstor. "Optimización de un concreto de 3000 Psi mejorando la resistencia a la compresión adicionando viruta de acero. Tesis para optar al título de ingeniero civil Universidad Pontificia Bolivariana.

NTC 129. Toma de muestras de agregados

NTC 176. Especificaciones de los agregados

NTC 396. Método de ensayo para determinar el asentamiento.

NTC 454. Toma de muestras

NTC 550 y NTC 1377. Elaboración y curado de especímenes de concreto en obra y en laboratorio.

NTC 176 y NTC. Densidad y absorción de los agregados gruesos y finos.

NTC 92. Determinación de la masa unitaria

NTC 673 Resistencia a la compresión.

Instituto de ingeniería UNAN. Manual de tecnología del concreto. Editorial Limusa.

Consultas realizadas en Internet

<http://www.construaprende.com/lap7/parc2.htm>

www.arquys.com/agregado-concreto.html

