

**MEJORAMIENTO DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE VIRUTA DE ACERO
A PORCENTAJES DE 12 Y 14% RESPECTO AL AGREGADO FINO DE LA
MEZCLA.**

ALFONSO GARCÍA BADILLO

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

**MEJORAMIENTO DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE VIRUTA DE ACERO
A PORCENTAJES DE 12 Y 14% RESPECTO AL AGREGADO FINO DE LA
MEZCLA.**

ALFONSO GARCÍA BADILLO

**Tesis de grado como requisito para optar
al título de Ingeniero Civil**

**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, Abril de 2008.

*A Dios, por su maravilloso amor, guiarme ,
protegerme e iluminarme en cada una de las
etapas de mi vida.*

*A mis padres Alfonso y Doris, por su infinito
amor, por guiarme y apoyarme en cada una de
mis decisiones.*

*A mi hermana Andrea Paola, por ser tan
especial conmigo.*

*A mis abuelos, aunque algunos ya descansan
eternamente, por ser los forjadores de mis
Padres.*

*A mis tíos y primos, quienes de una u otra
manera me colaboraron desinteresadamente.*

*A mis amigos, por ser mi apoyo, compañía y
darle facilidad a mi vida.*

AGRADECIMIENTOS

A la empresa **PREVESA**, por facilitarnos su planta para la realización de mi proyecto.

A la empresa **DANA TRANSEJES S.A.** por apoyar constantemente la investigación en la aplicación de sus productos residuales.

A la ingeniera **Claudia Patricia Retamoso Llamas** por su valioso apoyo, colaboración, recomendaciones y enseñanzas para el desarrollo de este proyecto.

A la **Universidad Pontificia Bolivariana** y la **Facultad de Ingeniería Civil** por ayudarme a mi crecimiento profesional y personal.

A todas aquellas personas que me ayudaron a construir esta meta y mis amigos por toda su colaboración y respaldo.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	9
1. OBJETIVOS.....	10
1.1. Objetivo General.....	10
1.2. Objetivos Específicos.....	10
2. METODOLOGIA	11
2.1. VIRUTA DE ACERO DANA TRANSEJES S.A.	11
2.1.1. Obtención de la viruta de acero.	11
2.1.2. Tamizaje de Viruta de Acero.....	11
2.1.3. Limpieza de Viruta de Acero.....	11
2.1.4. Transporte de Viruta de Acero a la empresa PREVESA S.A... 12	
2.2. ENSAYOS COMPONENTES DE MEZCLA DE CONCRETO.. 12	
2.2.1. Cemento	12
2.2.2. Viruta de Acero.	12
2.2.3. Agregado Grueso y Agregado Fino.	12
2.3. DISEÑO DE MEZCLA.....	13
2.4. CONSTRUCCIÓN CILINDROS DE CONCRETO.....	13
2.5. ENSAYO DE COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO.13	
2.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS.	13
2.7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	14
3. JUSTIFICACIÓN.....	15
4. ALCANCE	16
5. MARCO TEÓRICO.	17
5.1. QUE ES EL CEMENTO	17
5.1.1. Calidad del Cemento	17
5.1.2. Tipos de Cemento.....	18
5.1.3. El Cemento Pórtland.....	18
5.1.4. Cementos Pórtland Simples, Mezclados y Expansivos	18
5.1.5. Clínker.	19
5.1.6. Cementos Pórtland Especiales:	19
5.1.6.1 Pórtland Férrico:	20
5.1.6.2 Cementos Blancos:.....	20
5.1.6.3 Cemento Puzolánico:.....	20
5.1.7. Hidratación, Tiempo de Fraguado, Endurecimiento.....	20
5.2. AGREGADOS DEL CONCRETO	20
5.2.1. Agregado Fino	21
5.2.2. Agregado Grueso.....	22
5.3. EL CONCRETO	22
5.3.1. Fundamentos sobre el Concreto.....	23
5.3.2. Trabajabilidad	24
5.3.3. Concreto Endurecido Curado Húmedo	24
5.3.4. Velocidad De Secado De Concreto	25

5.3.5.	Resistencia a la Compresión.	25
5.3.6.	Efectos en el Concreto Fresco.....	25
5.3.6.1	Cohesión y manejabilidad.....	25
5.3.6.2	Pérdida de revenimiento	26
5.3.6.3	Asentamiento y sangrado	27
5.3.7.	Efectos en el Concreto Endurecido.....	28
5.3.7.1	Adquisición de resistencia mecánica:	28
5.4.	VIRUTA.....	29
5.4.1.	Tipos De Viruta	29
5.4.1.1	Viruta Discontinua:.....	29
5.4.1.2	Viruta Continua:	29
5.4.1.3	Viruta continúa con protuberancias.....	30
5.4.2.	Fluidos de corte (Refrigerantes).....	30
5.4.2.1	Elección Del Fluido De Corte	31
6.	DISEÑO DE MEZCLA.....	32
6.1.	DATOS DE LA OBRA.	34
6.2.	DATOS DE LOS MATERIALES.....	34
6.3.	MÉTODO DE DOSIFICACIÓN	34
6.3.1.	Determinación del asentamiento.....	35
6.3.2.	Selección Tamaño Máximo Nominal (TMN)	37
6.3.3.	PORCENTAJE DE AIRE	38
6.3.4.	Cantidad de Agua de Mezclado.	38
6.3.5.	Relación Agua/Cemento	40
6.3.6.	El Contenido de Cemento.....	41
6.3.7.	Granulometría del Material.	43
6.3.8.	Ajuste de Agua en la Mezcla de Concreto.	44
6.4.	DISEÑO DE MEZCLA CON ADICIÓN DE VIRUTA.....	45
6.5.	REALIZACIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO.	51
7.	RESULTADOS.....	53
7.1.	MUESTRAS DE CONCRETO. EDAD TRES (3) DIAS	53
7.1.1.	Muestras de Concreto Estándar (Sin adición de viruta de acero). 3 días.	54
7.1.2.	Resultados muestra Con Adición del 12% De Viruta de Acero respecto al agregado fino de la mezcla. 3 días.....	55
7.1.3.	Resultados muestra Con Adición del 14% De Viruta de Acero respecto al agregado fino de la mezcla. 3 días.....	55
7.2.	MUESTRA DE CONCRETO, EDAD SIETE (7) DIAS	57
7.2.1.	Muestras de Concreto Estándar (Sin adición de viruta de acero). 7 días.	57
7.2.2.	Resultados muestra Con Adición del 12% De Viruta de Acero respecto al agregado fino de la mezcla. 7 días.....	57
7.2.3.	Resultados muestra Con Adición del 14% De Viruta de Acero respecto al agregado fino de la mezcla. 7 días.....	58

7.3.	MUESTRA DE CONCRETO, EDAD VEINTIOCHO (28) DIAS	60
7.3.1.	Muestras de Concreto Estándar (Sin adición de viruta de acero). 28 días.....	60
7.3.2.	Resultados muestra Con Adición del 12% De Viruta de Acero respecto al agregado fino de la mezcla. 28 días.....	60
7.3.3.	Resultados muestra Con Adición del 14% De Viruta de Acero respecto al agregado fino de la mezcla. 28 días.....	61
7.4.	RESUMEN DE RESULTADOS.....	62
8.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	64
8.1.	ANÁLISIS DE RESULTADOS MUESTRAS A LOS TRES (3) DÍAS DE ENSAYADAS.....	64
8.2.	ANÁLISIS DE RESULTADOS MUESTRAS A LOS SIETE (7) DÍAS DE ENSAYADAS.....	65
8.3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS MUESTRAS A LOS VEINTIOCHO (28) DÍAS DE ENSAYADAS.	67
8.4.	COMPORTAMIENTO GENERAL EN EL TIEMPO DE LAS MUESTRAS ESTÁNDAR Y CON ADICIÓN DE VIRUTA DE ACERO RESPECTO AL AGREGADO FINO DE LA MEZCLA.	69
9.	CONCLUSIONES	70
10.	RECOMENDACIONES.....	71
11.	BIBLIOGRAFÍA.....	72

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Tipos de Cemento Pórtland más comunes.....	18
Tabla 2.	Partículas inconvenientes en el agregado fino	22
Tabla 3.	Asentamiento del Concreto.....	36
Tabla 4.	Tamaño Máximo Nominal Permitido.....	37
Tabla 5.	Porcentaje de Aire en la Mezcla.....	38
Tabla 6.	Agua de la Mezcla de Concreto.....	39
Tabla 7.	Relación Agua / Cemento.....	41
Tabla 8.	Límites para la Granulometría Agregado Fino.....	43
Tabla 9.	Límites de la Granulometría Agregado Grueso.....	44
Tabla 10.	Proporciones de Materiales Sin Ajuste de Agua.....	47
Tabla 11.	Proporciones de Materiales con Ajuste de Agua.....	48
Tabla 12.	Cantidad de Agregado Fino y Viruta de Acero en la Mezcla.....	49
Tabla 13.	Cantidades de Material Mezcla 12% Adición de Viruta.....	50
Tabla 14.	Cantidades Materiales Mezcla 14% Adición de Viruta.....	50
Tabla 15.	Resultados Muestras de Concreto Estándar Edad Tres días.....	54
Tabla 16.	Resultados Muestra de Concreto Viruta 12% a los Tres (3) días.....	55
Tabla 17.	Resultados Muestra de Concreto Viruta 14% a los Tres (3) días.....	55
Tabla 18.	Resultados Muestras de Concreto Estándar Edad Siete (7) días.....	57
Tabla 19.	Resultados Muestra de Concreto Viruta 12% a los Siete (7) días.....	58
Tabla 20.	Resultados Muestra de Concreto Viruta 14% a los Siete (7) días.....	58
Tabla 21.	Resultados Muestras de Concreto Estándar Edad Veintiocho (28) días.....	60
Tabla 22.	Resultados Muestra de Concreto Viruta 12% a los Veintiocho (28) días.....	61
Tabla 23.	Resultados Muestra de Concreto Viruta 14% a los Veintiocho (28) días.....	61
Tabla 24.	Esfuerzo Promedio de Concreto.....	63
Tabla 25.	Porcentajes de Aumento de Resistencia Respecto a la muestra Estándar	63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Diferentes Proporciones Mezclas de Concreto.....	23
Figura 2.	Viruta de acero en proceso de secado	31
Figura 3.	Muestras de Cilindros Estándar de Concreto.	32
Figura 4.	Muestras de Cilindros con 12% de Adición de Viruta de Acero.	33
Figura 5.	Muestras de Cilindros con 14% de Adición de Viruta de Acero.	33
	Fuente: Apuntes de clase, Materiales de Construcción	35
Figura 6.	Pasos para la Dosificación de la Mezcla de Concreto	35
Figura 7.	Contenido de cemento.....	42
Figura 8.	Determinación Masa Agua Mezcla de Concreto.....	46
Figura 9.	Fabricación de cilindros.	51
Figura 10.	Falla del cilindro.....	54
Figura 11.	Resultados de Esfuerzos de Compresión Edad 3 días.....	56
Figura 12.	Resultados de Esfuerzos de Compresión Edad 7 días.....	59
Figura 13.	Resultados de Esfuerzos de Compresión Edad 28 días.....	62
Figura 14.	Porcentaje de aumento de resistencia respecto a la muestra estándar. 3 días	64
Figura 15.	Comportamiento de la Resistencia Promedio a una edad de tres (3) días.....	65
Figura 16.	Porcentaje de aumento de resistencia respecto a la muestra estándar siete (7) días	66
Figura 17.	Comportamiento de la Resistencia Promedio a una edad de siete (7) días	67
Figura 18.	Porcentaje de aumento de resistencia respecto a la muestra estándar veintiocho (28) días.....	68
Figura 19.	Comportamiento de la Resistencia Promedio a una edad de veintiocho(28) días	68
Figura 20.	Comportamiento de las Muestras de Concreto en el Tiempo.	69



RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TÍTULO:	MEJORAMIENTO DEL CONCRETO CON ADICION DE VIRUTA DE ACERO A PORCENTAJES DE 12 Y 14% RESPECTO AL AGREGADO FINO DE LA MEZCLA
AUTOR(ES):	ALFONSO GARCÍA BADILLO
FACULTAD:	Facultad de Ingeniería Civil
DIRECTOR(A):	Claudia Patricia Retamoso Llamas

RESUMEN

Este trabajo de grado se realizó con el objetivo de observar el comportamiento del concreto adicionándole viruta de acero al 12% y 14% respecto al agregado fino, el proceso a seguir para generar mayor resistencia a compresión, empezó desde conseguir los materiales para la mezcla hasta la construcción de los cilindros, se observó que al adicionar el 12% de viruta su resistencia fue superior a la adición del 14%. Al realizar la mezcla ya con la adición de viruta y fabricar los cilindros no se tuvo inconvenientes, estos materiales resultaron ser muy homogéneos, ya que no presentaron porosidad y mostraron manejabilidad en el momento de la fundida. Se realizó el lavado adecuado de la viruta con jabones industrializados para reducir efectos secundarios que generan las grasas y aceites de la viruta en su estado natural y pueden afectar los resultados de la resistencia a la compresión. Con esta adición de viruta del 12% y 14% se concluye que los mejores resultados obtenidos fueron los que se le adicione menor porcentaje de viruta con respecto al agregado fino y una mayor resistencia a la compresión. Este tipo de proyectos son supremamente importantes ya que generan una renovación en la industria, por cuanto se reutilizan residuos que producen impacto ambiental.

PALABRAS CLAVES: Viruta de acero, mejoramiento, concreto, muestras, comportamiento, adición, resistencia a compresión, agregado fino.



GENERAL SUMMARY OF GRADUATION THESES

TITLE: MEJORAMIENTO DEL CONCRETO CON ADICION DE VIRUTA DE ACERO A PORCENTAJES DE 12 Y 14% RESPECTO AL AGREGADO FINO DE LA MEZCLA

AUTHOR: ALFONSO GARCÍA BADILLO

DEPARTMENT: Department of Civil Engineering

DIRECTOR: Claudia Patricia Retamoso Llamas

ABSTRACT

This graduation theses has been developed to observe the behavior of concrete as a result of adding steel shavings using percentages of 12% and 14% with respect of the fine supplement, the process followed to generate a greater resistance to compression, was followed from acquiring the materials for the mix to the construction of the cylinders, it is observed that by adding 12% the resistance is greater than that of the addition of 14% of steel shavings. No inconvenient was shown by the addition of steel shavings to the mix, in the fabrication of the cylinders, these materials resulted to be very homogeneous; pores were not produced in the cylinders and at the time of compounding the materials were manageable. Being that the fine supplements have different characteristics to those of the shavings, it was necessary to wash the steel with industrial soaps reducing any hindrance generated to the results by grease and oils found in the shavings in its natural state. With the addition of 12% and 14% of steel shavings we can come to the conclusion that the smaller percentage of shavings added in respect to the fine supplement yields a greater resistance to compression, therefore giving the best results. These types of projects are very important as they generate a renewal of our industry, by reusing wastes that have an impact on the environment.

KEY WORDOS: Steel shavings, improvement, concrete, cylinders, behavior, compression resistance, fine supplement.

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

Yo, ALFONSO GARCÍA BADILLO, mayor de edad, vecino de Bucaramanga identificado con la cédula de ciudadanía No 91.520.902, actuando en nombre propio, en mi calidad de autor del trabajo de grado:

MEJORAMIENTO DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE VIRUTA DE ACERO A PORCENTAJES DE 12 Y 14% 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 9 días del mes de Abril de 2008.

EL AUTOR/ ESTUDIANTE:

(Firma).....
Nombre. ALFONSO GARCÍA BADILLO

INTRODUCCIÓN

El concreto es un material resistente y duradero ya que por sus características adquiere cualquier forma, en el mundo de la construcción es muy utilizado.

El concreto de uso común, o como se conoce en el medio convencional, tiene tres componentes (agua, cemento y agregado), este concreto tiene una gran versatilidad, otra ventaja es la economía del mismo, soporta altas resistencias a la compresión y bajas resistencias a la tensión.

En años anteriores, se desarrolló el trabajo de grado titulado "OPTIMIZACIÓN DE UN CONCRETO DE 3000 PSI MEJORANDO LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ADICIONANDO VIRUTA DE ACERO" en la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, con el cual se observó que se logró un aumento relativamente alto del concreto con adición de viruta de acero, con el 10% de adición de viruta reemplazando el agregado fino. El resultado de aumento de la resistencia a la compresión con respecto a la muestra estándar fue de un 63.92%, lo que indica que si se diseñó un concreto para soportar una resistencia de 21MPa, se obtuvo con esta adición de viruta reemplazando el 10% del agregado fino del concreto una resistencia final de 34.42MPa, es un resultado bastante bueno y por esto se decidió continuar con este proceso para observar que tan confiables eran estos resultados.

El trabajo de grado presentado, es la continuación del proceso mencionado anteriormente, correspondió observar el comportamiento de adición de viruta de 12% y 14% respecto al agregado fino, en otro trabajo de grado se observó el comportamiento de 6%, 8% y 10%, completando el espectro de muestras que se necesitan para obtener unos resultados más completos.

Adicionalmente, la viruta de acero es un material de desecho, que se estaría aprovechando correctamente y se obtendría una mejora en la parte ambiental de la industria metalmeccánica.

Se espera que con los resultados obtenidos, se logren desarrollar un análisis de resultados que lleven a realizar unos diseños óptimos con respecto a la utilización de este material de desecho.

1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo General.

Observar el comportamiento del concreto adicionando viruta reemplazando parte del agregado fino, en un 12 y 14%.

1.2. Objetivos Específicos.

- Ejecutar los ensayos de laboratorio a los diferentes componentes del concreto.
- Diseñar la mezcla para los porcentajes de viruta especificados.
- Realizar la construcción de 30 probetas para ensayar la muestra patrón y las muestras con cada adición de viruta a los tres (3), siete (7) y veintiocho (28) días.
- Determinar la resistencia a la compresión de las probetas.
- Analizar estadísticamente las muestras, observando el aumento de resistencia en el tiempo.

2. METODOLOGIA

Este trabajo de grado se desarrolló a partir de las recomendaciones realizadas en un trabajo previo, manejando porcentajes de adición de viruta más reducidos, para corroborar que efectivamente se puede obtener mayores resistencias del concreto.

Es muy importante observar que se debe seguir un proceso para poder llegar a la finalización del trabajo de grado, desde el lavado de la viruta de acero pasando por el diseño de mezcla y finalizando con el ensayo de resistencia a la compresión.

Hay que tener en cuenta que los materiales tienen unas propiedades que hay que respetar para no cometer errores y lograr la resistencia a compresión del concreto adicionándole viruta manejando porcentajes del 12% y 14%, respecto al agregado fino de la mezcla.

2.1. VIRUTA DE ACERO DANA TRANSEJES S.A.

2.1.1. Obtención de la viruta de acero.

Por medio de una carta realizada por la Facultad de Ingeniería Civil se procedió a llevarla a la empresa Transejes ya que ellos tienen este material para poder suministrarlo en la investigación y poder corroborar los resultados.

Es importante aclarar que este tipo de material se utiliza para crear artefactos explosivos, sabemos y se tuvo la máxima prudencia con este material.

2.1.2. Tamizaje de Viruta de Acero.

Se procedió a comprar un tamiz de malla 7x7 para que la viruta que saliera por la malla sea la adecuada ya que por encima de la malla quedan desechos notorios y no lo podemos utilizar en la mezcla.

2.1.3. Limpieza de Viruta de Acero.

Después de tamizar la viruta, este agregado que vamos a utilizar viene con grasa por su origen, como lo vamos a utilizar en la mezcla hay que lavarlo con jabón industrial y potasa para dejarla virgen y procedemos al diseño para no tener daños en la mezcla.

2.1.4. Transporte de Viruta de Acero a la empresa PREVESA S.A.

La cantidad necesaria de Viruta de acero a utilizar para desarrollar los cilindros de cada una de las mezclas, se lleva a la empresa a la que se hizo referencia en el enunciado, la cual provee el concreto listo para fundir los cilindros de concreto a probar en las instalaciones de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga.

2.2. ENSAYOS COMPONENTES DE MEZCLA DE CONCRETO.

2.2.1. Cemento

El cemento utilizado es un cemento tipo III, por cuanto en la empresa que suministró el concreto, maneja para todas sus obras por cuanto requieren altas resistencias a la compresión tempranas. Los datos específicos del cemento son suministrados por PREVESA S.A.

2.2.2. Viruta de Acero.

En la empresa DANA TRANSEJES S.A. se reservan el derecho de proveer los datos químicos de este residuo, para próximas oportunidades, se trabajará con estas propiedades que serán solicitadas cuando se requieran.

2.2.3. Agregado Grueso y Agregado Fino.

Estas características se tomaron de los ensayos realizados previamente en el trabajo de grado titulado "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 DE CONCRETO", estos fueron:

- Peso específico y Absorción: 1 ensayo.
- Granulometría: 1 ensayo.
- Masa unitaria suelta y compacta: 1 ensayo.
- Contenido de materia orgánica (Ensayo calorimétrico): 1 ensayo.
- Desgaste en la maquina de los Ángeles: 1 ensayo.
- Equivalente de arena: 1 ensayo.
- Índice de caras fracturadas: 1 ensayo.
- Aplanamiento: 1 ensayo.
- Alargamiento: 1 ensayo.

2.3. DISEÑO DE MEZCLA

El diseño de la mezcla se desarrolló para la muestra patrón y con los porcentajes de viruta que reemplazan el agregado fino de la mezcla (12% y 14%, en el caso particular) y obtener el esfuerzo a compresión de la mezcla.

Los diseños se desarrollaron con los resultados obtenidos de los laboratorios que se mencionaron en el ítem anterior, y se proporcionaron los porcentajes de estos a la empresa PREVESA S.A., para poder obtener la mezcla utilizada.

2.4. CONSTRUCCIÓN CILINDROS DE CONCRETO.

Después de desarrollado el diseño de mezcla, se procede a realizar las muestras para probar en la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga.

Se desarrolla en el mismo proceso los treinta (30) cilindros que se van a probar diez (10) de cada una de las mezclas a tres (3), siete (7) y veintiocho (28) días.

En total se probaron noventa (90) cilindros de concreto, treinta (30) para la muestra patrón, treinta (30) para el 12% de adición de viruta de acero y treinta (30) para el 14% de adición de viruta de acero.

2.5. ENSAYO DE COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO.

En este paso, se transportan los cilindros de concreto ya curados desde la empresa PREVESA S.A. a los Laboratorios de Ingeniería Civil de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, en donde se prueban los cilindros en la prensa ubicada en el laboratorio del primer piso del Bloque A de la Universidad.

En este ensayo se obtienen los diámetros y las fuerzas máximas aplicadas, para después realizar los cálculos respectivos y obtener los esfuerzos de compresión de las muestras.

2.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

En este punto particular, se analizan las gráficas que se desarrollaron y se observa como fue el comportamiento de las mezclas respecto al trabajo propio y a los datos obtenidos de los trabajos de grado anteriores.

2.7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En esta parte se dejan las conclusiones y recomendaciones obtenidas del trabajo de grado para la continuación óptima de la investigación.

3. JUSTIFICACIÓN

Observando que en la tesis titulada “Optimización de un concreto de 3000 PSI mejorando la resistencia a la compresión adicionando viruta de acero”, se obtuvieron unos aumentos hasta del 80% respecto a la muestra patrón, se decidió continuar este trabajo, para tener un espectro más amplio de muestras y de esta manera dar un resultado mejor 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 recomendó realizar un estudio más detallado respecto al comportamiento de la viruta, antes de llegar a un porcentaje de adición de 10% de viruta, por cuanto, en este punto se encontró el máximo esfuerzo de compresión y antes de esta adición, no se había realizado ninguna muestra con una adición de viruta menor.

Por esto se decidió seguir estudiando el comportamiento del concreto con adición de viruta ahora con adiciones de 6, 8, 10, 12 y 14%, respecto al agregado fino, para tener un espectro más amplio de resultados y más confiables, 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 12 y 14%, comparadas con la muestra patrón. En total se realizarán 270 muestras para probar así: 30 muestras patrón, 30 muestras para una adición de viruta de 12% y 30 muestras para una adición de viruta de 14%, de las cuales se obtiene la resistencia a la compresión a los tres (3) días. 30 muestras patrón, 30 muestras para una adición de viruta de 12% y 30 muestras para una adición de viruta de 14%, de las cuales se obtiene la resistencia a la compresión a los siete (7) días. 30 muestras patrón, 30 muestras para una adición de viruta de 12% y 30 muestras para una adición de viruta de 14%, de las cuales se obtiene la resistencia a la compresión a los veintiocho (28) días.

5. MARCO TEÓRICO.

Se sabe que el concreto tiene una gran resistencia a la compresión, pero por que no darle mayor resistencia adicionándole viruta de acero.

En esta investigación se trata de concretar definitivamente que es muy viable poner en práctica este agregado para alcanzar optimización en los procesos de la ingeniería nacional.

5.1. QUE ES EL CEMENTO¹

Se denomina cemento a un aglutinante o conglomerado hidráulico que, mezclado con agregados pétreos (grava y arena) y agua, crean una mezcla uniforme, manejable y plástica capaz de fraguar y endurecer al reaccionar con el agua y adquiriendo por ello consistencia pétreo el concreto.

5.1.1. Calidad del Cemento

Usualmente, el cemento hidráulico empleado para la producción del concreto debe ser cemento Pórtland (Compuesto de clinker y yeso).

En Colombia y en muchos países de América Latina, se producen otros cementos (compuestos de Clinker, yeso y alguna adición que desarrolla propiedades hidráulicas), como el cemento Pórtland de escoria de alto horno, el cemento Pórtland Puzolanico, o el cemento Pórtland adicionado; que también son frecuentemente utilizados en la producción de concreto, ya que cumplen especificaciones químicas, físicas, y mecánicas similares a las de un cemento Pórtland. Los cementos más comunes en el medio Colombiano son los siguientes:

¹<http://www.wikipedia.com>

Tabla 1. Tipos de Cemento Pórtland más comunes.

DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN
Pórtland Tipo I	Uso común
Pórtland Tipo II	Moderada resistencia a los sulfatos
Pórtland Tipo III	Alta resistencia inicial
Pórtland Tipo IV	Bajo calor de hidratación
Pórtland Tipo V	Alta resistencia a los sulfatos
	Cemento Pórtland de escoria de alto horno
	Cemento Pórtland puzolanico

Fuente: Sánchez de Guzmán Diego. Tecnología del Concreto y del Mortero.

5.1.2. Tipos de Cemento

Hay dos tipos de cemento:

- De origen arcilloso: Se obtiene de la arcilla y piedra caliza en proporción 1 a 4
- De origen Puzolánico: De origen orgánico o volcánico.

5.1.3. El Cemento Pórtland

El cemento es el que más se utiliza como aglomerante para el concreto, este cemento se utiliza alrededor de todo el mundo.

El inventor del cemento fue Joseph Aspdin en el año de 1824 en Inglaterra, el nombre de este cemento viene por unas piedras encontradas en ese año en Pórtland Isla del condado de Dorset.

El cemento Pórtland tiene tres fases:

- Preparación de la mezcla de las materias primas
- Producción del clinker
- Preparación del cemento.

5.1.4. Cementos Pórtland Simples, Mezclados y Expansivos

El clínker se obtiene de la unión de la Cal, Sílice, y Alumina, estos materiales se clasifican, muelen y se mezclan para que lleguen a ser muy homogéneos.

Estas materias primas se introducen en hornos rotatorios o temperaturas de 1.400°C, por sus composiciones químicas los materiales salen en fragmentos menores a 6cm subdivididos llamados clínker Pórtland.

Posteriormente se deja entrar y con una capa pequeña de yeso se deja fraguar para obtener un polvo fino gris conocido en el medio como cemento Pórtland.

Con estos hechos se pueden clasificar así:

- Los cementos Pórtland propiamente dichos, o Pórtland simples, moliendo solamente el clínker y el yeso sin componentes cementantes adicionales.
- Los cementos Pórtland mezclados, combinando el clínker y el yeso con otro cementante, ya sea este una escoria o una puzolana.
- Los cementos expansivos que se obtienen añadiendo al clínker otros componentes especiales de carácter sulfatado, cálcico y aluminoso.

5.1.5. Clínker ²

Caliza cocida. Esa es la definición más exacta de la que se conoce como Clinker, la principal materia prima de la que se obtiene el cemento.

El Clinker (El producto del horno que se muele para fabricar el cemento Portland) se mira en microscopio, los compuestos del cemento se pueden identificar para determinar sus cantidades.

La energía para producir el clínker es 1.700 Joules por gramo, pero esta energía es mucho mayor ya que pierde calor y esta energía produce dióxido de carbono a la atmósfera.

El yeso, es un agregado del clínker para regular el fraguado, hace que el fraguado se haga de una forma rápida (45 min.)

5.1.6. Cementos Pórtland Especiales:

Estos cementos especiales tienen la misma forma pero no las mismas características del Portland debido a los componentes que forman cada una.

²http://www.diariosur.es/prensa/20060809/malaga/clinker_20060809.html

5.1.6.1 Pórtland Férrico:

Se caracteriza por un módulo de fundición de 0,64, esto quiere decir que es muy rico en hierro.

5.1.6.2 Cementos Blancos:

Su módulo de fundición es más alto que el férrico, es de color blanco ya que casi no tiene hierro

5.1.6.3 Cemento Puzolánico:

Viene de la región de Lazio, Italia. De una fina ceniza volcánica que se mezcla con Cal (Relación 2 a 1) para fraguar fácilmente bajo el agua.

5.1.7. Hidratación, Tiempo de Fraguado, Endurecimiento

El cemento Pórtland es una mezcla de muchos compuestos, cuatro de ellos conforman el 90% (el silicato tricalcico, el silicato dicalcico, el aluminio tricalcico y el aluminio ferrito tetracalcico).

Cuando el concreto fragua, su volumen bruto permanece casi inalterado, y el concreto endurecido contiene poros llenos de agua y aire, entre menos porosa sea la pasta de cemento, mucho mas resistente es el concreto.

El agua empleada es sumamente mayor que la que se requiere para la completa hidratación del cemento, la relación mínima Agua-Cemento (en peso) para la hidratación total es de 0,22 a 0,25.

Es importante conocer la velocidad de reacción entre el cemento y el agua, la reacción inicial debe ser suficientemente lenta para que se conceda tiempo al transporte y colocación del concreto. Si embargo una vez que el concreto ha sido colocado y terminado, es deseable tener un endurecido rápido.

5.2. AGREGADOS DEL CONCRETO

Llamados también áridos, son un conjunto de partículas de origen natural que pueden ser tratados o elaborados y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites por la Norma Técnica Colombiana. Los agregados pueden constituir hasta las tres cuartas partes en volumen, de una mezcla típica de concreto; razón por la cual haremos un análisis minucioso y detenido de los agregados utilizados.

Los agregados deberán cumplir con los siguientes requerimientos:

- Los agregados seleccionados deberán ser procesados, transportados manipulados, almacenados y dosificados de manera de garantizar.
- Que la pérdida de finos sea mínima;
- Se mantendrá la uniformidad del agregado;
- No se producirá contaminación con sustancias extrañas
- No se producirá rotura o segregación importante en ellos

Los agregados expuestos a la acción de los rayos solares se deberán, si es necesario, enfriarse antes de su utilización en la mezcladora.

Si el enfriamiento se efectúa por aspersion o riego, se deberá considerar la cantidad de humedad añadida al agregado a fin de corregir el contenido de agua de la mezcla y mantener la relación agua- cemento de diseño seleccionado.

Dependiendo de sus dimensiones la Norma Técnica Colombiana, clasifica y denomina a los agregados en:

5.2.1. Agregado Fino

Se define como agregado fino al proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el tamiz 9.51mm. (3/8") que cumple con los límites establecidos en la Norma Técnica Colombiana.

El agregado fino deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

- El agregado fino puede consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duro, compacto y resistente.
- El agregado fino deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales, u otras sustancias dañinas.

Tabla 2. Partículas inconvenientes en el agregado fino

Inconveniente	Porcentaje
Lente de arcilla y partículas desmenuzantes	3.0%
Material más fino que la Malla No 200	
Concretos sujetos a abrasión	3.0%
Otros Concretos	0.5%
Carbón	
Cuando la apariencia superficial del concreto es importante	0.5%
Otros Concretos	1.0%

Fuente: Propia

5.2.2. Agregado Grueso.

Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz 4.76 mm (Nº4) y cumple los límites establecidos en la Norma Técnica Colombiana.

El agregado grueso podrá consistir de grava natural o triturada, piedra partida, o agregados metálicos naturales o artificiales. El agregado grueso empleado en la preparación de concretos livianos podrá ser natural o artificial. El agregado grueso deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

- Deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa.
- Las partículas deberán ser químicamente estables y deberán estar libres de escamas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.

5.3. EL CONCRETO³

La historia del cemento es la misma historia del hombre ya que se busca un espacio para vivir con mayor seguridad, comodidad y protección.

Con el paso de los años se ha observado la evolución que ha existido hasta el momento, desde las cavernas que utilizaban los antepasados hasta los templos y palacios que existen hoy en día.

El mortero ya lo utilizaba el pueblo egipcio, era una mezcla de arena con materia cementosa para unir los bloques o losas.

³<http://www.construaprende.com>

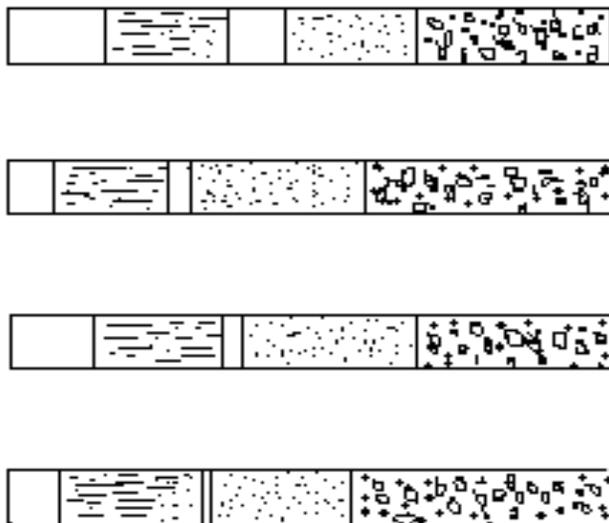
Los romanos igual que los griegos descubrieron que el depósito volcánico, mezclado con caliza producía un mortero de gran resistencia.

Los investigadores descubrieron que hace miles de años, en Inglaterra fue patentada una mezcla de caliza dura, molida y calentada con arcilla que al agregársele agua producía un mortero muy sólido, por eso el cemento Pórtland recibió ese nombre por la similitud que tenía con la Isla Pórtland del canal Ingles.

5.3.1. Fundamentos sobre el Concreto

El agregado y la pasta son los dos componentes que necesita el concreto, la pasta, compuesta por cemento Pórtland y agua, une a los agregados (arena grava o piedra triturada) para formar una roca que tiene similitud al concreto. Los agregados finos son arenas naturales manufacturadas de tamaño más o menos de 10mm, y los agregados gruesos son aquellas cuyas partículas se retienen en la malla N° 16 y varían hasta 152mm

A continuación se mostrará la variación de las proporciones en volumen absoluto de los materiales usados en el concreto.



Fuente: <http://www.construaprende.com/t/02/T2Pg3.php>

Figura 1. Diferentes Proporciones Mezclas de Concreto

Las barras 1 y 3 (de arriba hacia abajo) representan mezclas ricas con agregados pequeños.

Las barras 2 y 4 (de arriba hacia abajo) representan mezclas pobres con agregados grandes.

El concreto endurecido esta determinado por la cantidad de agua en relación con el cemento, vemos ventajas al reducir el contenido de agua.

A continuación se observan algunas ventajas que se obtienen al reducir el contenido de agua:

- Se incrementa la resistencia a la comprensión y a la flexión.
- Se tiene menor permeabilidad y por ende mayor hermeticidad y menor absorción.
- Se incrementa la resistencia al intemperismo
- Se logra mejor unión entre capas sucesivas y entre el concreto y el esfuerzo.
- Se reducen las tendencias de segregamientos por contracción.

5.3.2. Trabajabilidad

Trabajabilidad es la facilidad de colocar, consolidar y acabar al concreto recién mezclado.

En el caso particular cuando se desarrollaron los cilindros se observó que el sangrado es la migración del agua hacia la superficie superior del concreto, todo esto se debe al asentamiento de los materiales sólidos, cemento, agregado grueso, agregado fino y viruta.

Si el sangrado es excesivo se debe al aumento de la relación, agua-cemento y da como resultado una capa de baja durabilidad.

5.3.3. Concreto Endurecido Curado Húmedo

El aumento de resistencia continua con la edad mientras este presente algo de cemento sin hidratar a condición de que el concreto permanezca húmedo o tenga una humedad relativa superior o aproximadamente el 80% y permanezca favorable la temperatura del concreto.

Cuando la humedad relativa dentro del concreto cae aproximadamente al 80% o la temperatura del concreto desciende por resistencia virtualmente se detiene.

5.3.4. Velocidad De Secado De Concreto

El concreto requiere de humedad para hidratarse y endurecer el secado del concreto únicamente esta relacionado con la hidratación y el endurecimiento de manera indirecta cuando el concreto se seca baja su resistencia.

Muchas otras propiedades del concreto endurecido se ven también afectadas por su contenido de humedad; incluye la elasticidad flujo plástico, valor de aislamiento, resistencia al fuego, resistencia al desgaste, conductividad eléctrica, durabilidad.

5.3.5. Resistencia a la Compresión.

La resistencia a la compresión se define como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto o de mortero a carga axial, se expresa en Kilogramos por centímetro cuadrado (Kg. / cm^2) a una edad de 28 días se le designe le símbolo F_c .

La resistencia del concreto a la compresión es una propiedad física fundamental y es frecuentemente empleada en los círculos para diseño de puentes, de edificios y otras estructuras.

5.3.6. Efectos en el Concreto Fresco

5.3.6.1 Cohesión y manejabilidad

La cohesión y manejabilidad de las mezclas de concreto son características que contribuyen a evitar la segregación y facilitar el manejo previo y durante su colocación en las cimbras. Consecuentemente, son aspectos del comportamiento del concreto fresco que adquieren relevancia en obras donde se requiere manipular extraordinariamente el concreto, o donde las condiciones de colocación son difíciles y hacen necesario el uso de bomba o el vaciado por gravedad.

Prácticamente, la finura es la única característica del cemento que puede aportar beneficio a la cohesión y la manejabilidad de las mezclas de concreto, por tanto, los cementos de mayor finura como el Pórtland tipo III o los Pórtland-puzolana serían recomendables en este aspecto. Sin embargo, existen otros factores con efectos más decisivos para evitar que las mezclas de concreto segreguen durante su manejo y colocación. Entre tales factores puede mencionarse la composición granulométrica y el tamaño máximo del agregado, el consumo unitario de cementante, los aditivos inclusores de aire y el diseño de la mezcla de concreto.

5.3.6.2 Pérdida de revenimiento

Este es un término que se acostumbra usar para describir la disminución de consistencia, o aumento de rigidez, que una mezcla de concreto experimenta desde que sale de la mezcladora hasta que termina colocada y compactada en la estructura. Lo ideal en este aspecto sería que la mezcla de concreto conservara su consistencia (o revenimiento) original durante todo este proceso, pero usualmente no es así y ocurre una pérdida gradual cuya evolución puede ser alterada por varios factores extrínsecos, entre los que destacan la temperatura ambiente, la presencia de sol y viento, y la manera de transportar el concreto desde la mezcladora hasta el lugar de colado, todos los cuales son aspectos que configuran las condiciones de trabajo en obra.

Para unas condiciones de trabajo dadas, la evolución de la pérdida de revenimiento también puede resultar influida por factores intrínsecos de la mezcla de concreto, tales como la consistencia o fluidez inicial de ésta, la humedad de los agregados, el uso de ciertos aditivos y las características y contenido unitario del cemento. La eventual contribución de estos factores intrínsecos, en el sentido de incrementar la pérdida normal de revenimiento del concreto en el lapso inmediato posterior al mezclado, es como se indica:

- Las mezclas de consistencia más fluida tienden a perder revenimiento con mayor rapidez, debido a la evaporación del exceso de agua que contienen.
- El empleo de agregados porosos en condición seca tiende a reducir pronto la consistencia inicial, por efecto de su alta capacidad para absorber agua de la mezcla.
- El uso de algunos aditivos reductores de agua y superfluidificantes acelera la pérdida de revenimiento, como consecuencia de reacciones indeseables con algunos cementos.
- El empleo de cementos Pórtland-puzolana cuyo componente puzolánico es de naturaleza porosa y se muele muy finamente, puede acelerar notablemente la pérdida de revenimiento del concreto recién mezclado al producirse un resecamiento prematuro provocado por la aidez de agua de la puzolana.

En relación con esos dos últimos factores, lo conveniente es verificar oportunamente que exista compatibilidad entre el aditivo y el cemento de uso previsto y, en el caso del cemento Pórtland-puzolana, realizar pruebas

comparativas de pérdida de revenimiento con un cemento portland simple de uso alternativo. Es importante no confundir la pérdida normal de revenimiento que toda mezcla de concreto exhibe en la primera media hora subsecuente al mezclado, con la rápida rigidización que se produce en pocos minutos como consecuencia del fenómeno de falso fraguado en el cemento. Para evitar esto último, es recomendable seleccionar un cemento que en pruebas de laboratorio demuestre la inexistencia de falso fraguado, o bien especificar al fabricante el requisito opcional de que el cemento no presente falso fraguado.

5.3.6.3 Asentamiento y sangrado

En cuanto el concreto queda en reposo, después de colocarlo y compactarlo dentro del espacio cimbrado, se inicia un proceso natural mediante el cual los componentes más pesados (cemento y agregados) tienden a descender en tanto que el agua, componente menos denso, tiende a subir. A estos fenómenos simultáneos se les llama respectivamente asentamiento y sangrado, y cuando se producen en exceso se les considera indeseables porque provocan cierta estratificación en la masa de concreto, según la cual se forma en la superficie superior una capa menos resistente y durable por su mayor concentración de agua. Esta circunstancia resulta particularmente inconveniente en el caso de pavimentos de concreto y de algunas estructuras hidráulicas cuya capa superior debe ser apta para resistir los efectos de la abrasión mecánica e hidráulica. Los principales factores que influyen en el asentamiento y el sangrado del concreto son de orden intrínseco, y se relacionan con exceso de fluidez en las mezclas, características deficientes de forma, textura superficial y granulometría en los agregados (particularmente falta de finos en la arena) y reducido consumo unitario y/o baja finura en el cementante. Consecuentemente, las medidas aplicables para moderar el asentamiento y el sangrado consisten en inhibir la presencia de dichos factores, para lo cual es pertinente:

- Emplear mezclas de concreto con la consistencia menos fluida que pueda colocarse satisfactoriamente en la estructura, y que posea el menor contenido unitario de agua que sea posible, inclusive utilizando aditivos reductores de agua si es necesario.
- Utilizar agregados con buena forma y textura superficial y con adecuada composición granulométrica; en especial, con un contenido de finos en la arena que cumpla especificaciones en la materia.
- Ensayar el uso de un aditivo inclusor de aire, particularmente cuando no sea factible cumplir con la medida anterior.

- Incrementar el consumo unitario de cemento y/o utilizar un cemento de mayor finura, como el portland tipo III o los portland-puzolana. En relación con esta última medida, es un hecho bien conocido la manera como se reduce la velocidad de sangrado de la pasta al aumentar la superficie específica del cemento.

5.3.7. Efectos en el Concreto Endurecido

5.3.7.1 Adquisición de resistencia mecánica:

Conforme se expuso previamente, la velocidad de hidratación y adquisición de resistencia de los diversos tipos de cemento portland depende básicamente de la composición química del clinker y de la finura de molienda. De esta manera, un cemento con alto contenido de silicato tricálcico (C3S) y elevada finura puede producir mayor resistencia a corto plazo, y tal es el caso del cemento tipo III de alta resistencia rápida. En el extremo opuesto, un cemento con alto contenido de silicato dicálcico (C2S) y finura moderada debe hacer más lenta la adquisición inicial de resistencia y consecuente generación de calor en el concreto, siendo este el caso del cemento tipo IV. Dentro de estos límites de comportamiento, en cuanto a la forma de adquirir resistencia, se ubican los otros tipos de cemento portland.

En cuanto a los cementos portland-puzolana, su adquisición inicial de resistencia suele ser un tanto lenta debido a que las puzolanas no aportan prácticamente resistencia a edad temprana. Por otra parte, resulta difícil predecir la evolución de resistencia de estos cementos porque hay varios factores que influyen y no siempre se conocen, como son el tipo de clinker con que se elaboran y la naturaleza, calidad y proporción de su componente puzolánico.

De acuerdo con las tendencias mostradas puede considerarse que, para obtener el beneficio adecuado de resistencia de cada tipo y clase de cemento en función de sus características, lo conveniente es especificar la resistencia de proyecto del concreto a edades que sean congruentes con dichas características. Consecuentemente, estas edades pueden ser como sigue: Tipo de cemento que se Edad recomendable para especificar emplea en el concreto la resistencia de proyecto Portland III 14 ó 28 días Portland I, II y V 28 ó 90 días Portland-puzolana 90 días, o más En ausencia de cemento tipo III, cuya disponibilidad en el mercado local es limitada, puede emplearse cemento tipo I junto con un aditivo acelerante, previa verificación de su compatibilidad y efectos en el concreto, tanto en lo que se refiere a su adquisición de resistencia como a la durabilidad potencial de la estructura.

También es posible adelantar la obtención de la resistencia deseada en el concreto, proporcionando la mezcla para una resistencia potencial más alta, ya sea aumentando el consumo unitario de cemento, o empleando un aditivo reductor de agua para disminuir la relación agua/cemento.

5.4. VIRUTA

La adición que se utilizó en este trabajo de grado es la viruta de acero que proviene de la empresa DANA TRANSEJES S.A., allí hay partes de automotores que por medio del torno se descomponen y salen de diferentes formas, que por medio del tamiz se bate y posteriormente lo que sale de la rejilla son partículas pequeñas de viruta de acero para que se agregan como porcentaje del agregado fino de la mezcla de concreto, para obtener un aumento en la resistencia a la compresión del material.

5.4.1. Tipos De Viruta⁴

Hay tres tipos de formas para determinar el tipo de Viruta:

- Propiedades del material a trabajar
- Geometría de la herramienta de corte
- Condiciones del maquinado (Profundidad de corte, velocidad de avance y velocidad de corte)

5.4.1.1 Viruta Discontinua:

Son materiales frágiles como el hierro fundido y el latón fundido que se cortan, y estos esfuerzos al cortarlos producen fractura, este material cuando se desprende sale en segmentos muy pequeños.

5.4.1.2 Viruta Continua:

Son materiales dúctiles que al cortarlos no se fracturan y estas velocidades de corte son altas, son un poco difíciles de cortar y es mejor hacerlo por tramos cortos.

⁴<http://www.monografias.com/trabajos14/maq-herramienta/maq-herramienta>

5.4.1.3 Viruta continúa con protuberancias

Son materiales dúctiles donde al cortarlos su velocidad es baja esta viruta es un metal aglutinado soldado por su cara.

5.4.2. Fluidos de corte (Refrigerantes)

Este fluido se utiliza para mejorar las condiciones durante el proceso de maquinado, sus objetivos son:

- Ayudar a la disipación del calor generado
- Lubricar los elementos que intervienen, en el corte para evitar la pérdida de la herramienta.
- Reducir la energía necesaria para efectuar el corte
- Proteger a la pieza contra la oxidación y la corrosión
- Arrastrar las partículas del material (medio de limpieza)
- Mejorar el acabado superficial

Estos fluidos tienen las siguientes propiedades:

- Poder Refrigerante:

Su viscosidad (Características de productos lubricantes) debe ser baja, al bañar bien el metal se obtiene el máximo contacto térmico; un alto calor específico y una elevada conductividad térmica.

- Poder Lubricante

Reduce el coeficiente de rozamiento que permite el fácil deslizamiento de la viruta sobre la cara anterior de la herramienta.

Estos son los fluidos de corte mas utilizados.

- Aceites minerales
- Aceites Vegetales
- Aceites animales
- Aceites Mixtos
- Aceites al bisulfuro de molibdeno.
- Emulsionables

5.4.2.1 Elección Del Fluido De Corte

Depende de los siguientes factores:

Del material de la pieza en fabricar

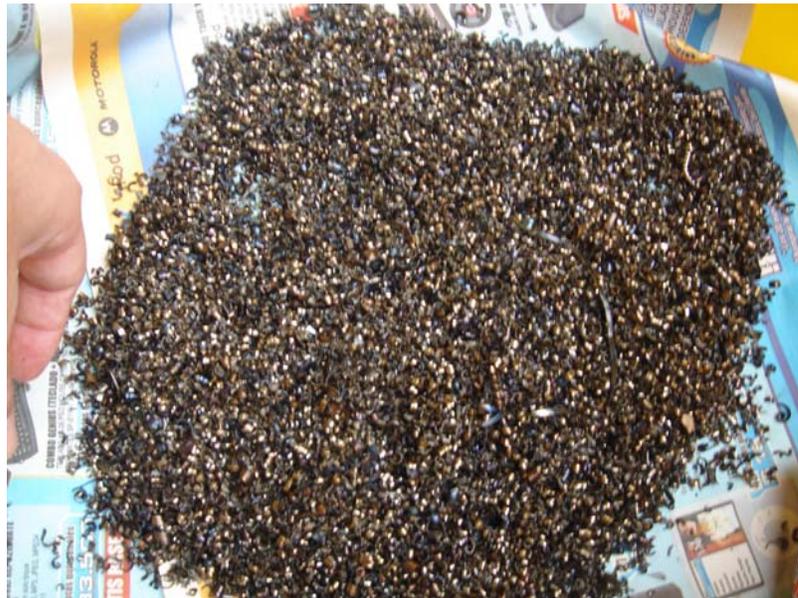
El petróleo se utiliza para aleaciones ligeras; cualquier tipo de aceite se utiliza para el latón, bronce y cobre. Las emulsiones se utilizan para el níquel y sus aleaciones, cualquier aceite para los aceros al carbono; al bisulfuro de molibdeno.

Del material que constituye la herramienta

Se utiliza las emulsiones para los aceros al carbono; para las aleaciones duras se trabaja en seco y también se puede utilizar las emulsiones.

Según el método de trabajo

Los aceites puros exentos de sustancias nocivas lo utilizan los tornos automáticos, las emulsiones para las operaciones de rectificado; y fresado para el taladrado se utiliza los aceites puros de baja viscosidad y para el bichado los aceites para altas presiones de corte o emulsión.



Fuente: Propia

Figura 2. Viruta de acero en proceso de secado

6. DISEÑO DE MEZCLA⁵

El diseño de mezcla de concreto se desarrolló para el propio trabajo de grado desarrollado, dependiendo de la adición de viruta de acero que se va a desarrollar.

La dosificación propuesta y los ensayos de laboratorio que comprueban su resistencia, cumplirán con los asentamientos exigidos para este trabajo de grado, el asentamiento será certificado por los resultados del laboratorio donde se realizarán las pruebas.

El método utilizado en el diseño de mezcla tiene como base los procedimientos del American Concrete Institute Elaborado por el comité ACI 211 y el de la Road Note Laboratory (RNL).

El diseño se realizó para la muestra estándar, la adición de viruta del 12% y la adición de viruta del 14%.

El método Americano ACI 211 se fundamenta en el principio básico de la relación agua/ elemento desarrollado por Abrams consiste en seguir en forma ordenada una secuencia de pasos y determinar la cantidad de cada material en peso y en volumen, para un (1) m³ de concreto.

En la siguiente figura están los cilindros de la prueba patrón, no llevan viruta, los realizo el autor de este trabajo de grado.



Fuente: Propia

Figura 3. Muestras de Cilindros Estándar de Concreto.

⁵Sánchez de Guzmán, Diego. Tecnología de Concreto y del Mortero. Biblioteca de la Construcción.



Fuente: Propia

Figura 4. Muestras de Cilindros con 12% de Adición de Viruta de Acero.



Fuente: Propia

Figura 5. Muestras de Cilindros con 14% de Adición de Viruta de Acero.

El procedimiento para realizar el diseño de mezcla se muestra en la siguiente figura, en donde se pueden observar los pasos que hay que seguir para determinar la cantidad de cada uno de los materiales a utilizar en el diseño.

Antes se deben conocer algunos datos, tanto de la obra como de los materiales, para poder desarrollar estos procesos de diseño de mezclas de concreto.

6.1. DATOS DE LA OBRA.⁶

Para poder desarrollar un diseño óptimo para el concreto a utilizar en cualquier obra, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Máxima Relación agua/cemento.
- Tamaño máximo nominal del agregado.
- Asentamiento (consistencia) recomendado.
- Mínimo contenido de cemento.
- Dimensión mínima del elemento a construir.
- Espaciamiento del acero de refuerzo.
- Condiciones a que estará expuesta la estructura
- Resistencia a la compresión mínima necesaria para consideraciones estructurales (f_c).

6.2. DATOS DE LOS MATERIALES.

Para poder asignar la cantidad de materiales que necesita la mezcla, se deben conocer unos datos previos, que aportan propiedades de los elementos.

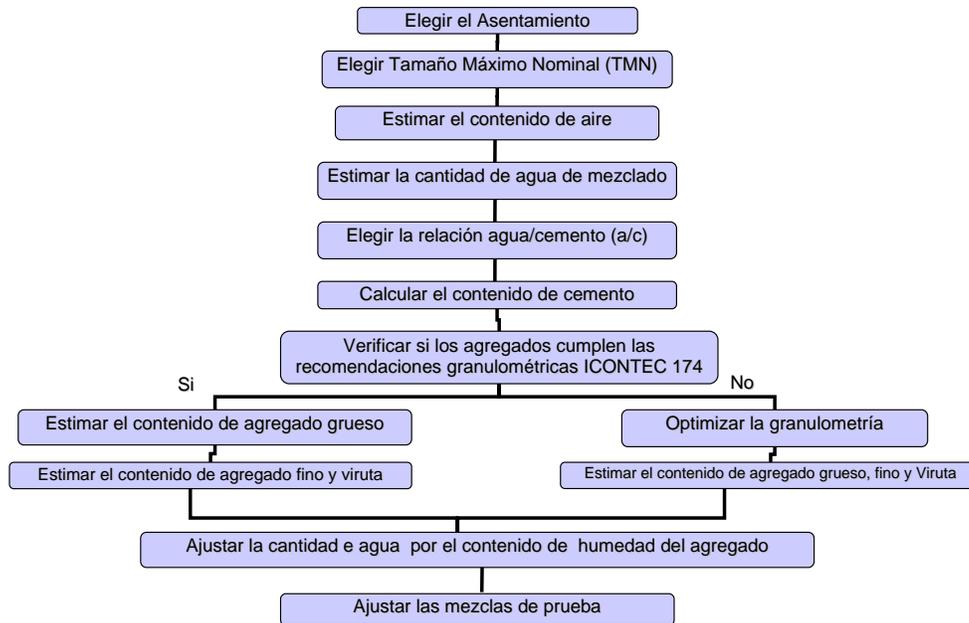
- Granulometría.
- Modulo de finura de la arena.
- Tamaño máximo de la grava.
- Densidad aparente de la grava y de la arena.
- Absorción de la grava y de la arena.
- Masa untaría compacta de la grava.
- Humedad de los agregados inmediatamente antes de hacer la mezcla.
- Densidad del cemento.

6.3. MÉTODO DE DOSIFICACIÓN

Se puede apreciar que para el diseño de mezcla se recurre tanto a datos reales como a datos empíricos o de experiencia que con la ayuda de tablas y gráficos, se obtiene una guía para alcanzar combinaciones apropiadas de los materiales. Esta optimización se logra mediante el sistema de ajuste y reajuste.

⁶Llamas Retamoso, Claudia. Apuntes de clase en la asignatura Materiales de Construcción.

Los pasos que se deben seguir para realizar esta dosificación de los materiales se muestra en el algoritmo de la siguiente figura, en la cual se muestran los pasos para obtener la cantidad de materiales que se necesita adicionar para cada diseño de mezcla. Se puede observar, que se tiene en cuenta el % de adición de viruta cuando se determina el volumen de agregado fino.



Fuente: Apuntes de clase, Materiales de Construcción

Figura 6. Pasos para la Dosificación de la Mezcla de Concreto

Este algoritmo es una lista bien definida, ordenada y finita de las operaciones que permite hallar la solución del diseño de mezcla, a través de pasos sucesivos se llega a un estado final, para obtener solución del diseño.

Es muy importante llevar este método para mostrar la manera de llevar a cabo procesos y resolver mecánicamente los inconvenientes que se van generando para poder ver la evidencia de la mezcla.

6.3.1. Determinación del asentamiento

El asentamiento es una propiedad importante que depende específicamente del elemento que se va a construir en obra. Este se mide al momento que la mezcla esta fresca y se desarrolla con el cono de abrahams.

El método utilizado de compactación es de vibración, cuando se utilizan otros métodos diferentes a las tablas se debe aumentar 25 cm., hay que recordar que permita una colocación eficiente.

El asentamiento escogido para el diseño de mezcla fue de 3.5-5.0 cm.

En la siguiente tabla se muestran los asentamientos dependiendo de las condiciones de obra que se tengan.

Tabla 3. Asentamiento del Concreto

Asentamiento (cm)	Consistencia (Tipo de concreto)	Grado de Trabajabilidad	Tipo de estructura y condiciones de colocación
0 – 2.0	Muy seca	Muy pequeño	Vigas o pilotes de alta resistencia con vibradores de formaleta.
2.0 – 3.5	Seca	Pequeño	Pavimentos vibrados con máquina mecánica
3.5 – 5.0	Semi-seca	Pequeño	Construcciones en masas voluminosas. Losas medianamente reforzadas con vibración. Fundaciones de concreto simple. Pavimentos con vibradores normales.
5.0 – 10.0	Media	Medio	Losas medianamente reforzadas y pavimentos, compactados a mano. Columnas, vigas, fundaciones y muros, con vibración.
10.0 – 15.0	Húmeda	Alto	Secciones con mucho refuerzo. Trabajos donde la colocación sea difícil. Revestimiento de túneles. No recomendable para compactarlo con demasiada vibración

Fuente: Apuntes de clase, Materiales de Construcción

6.3.2. Selección Tamaño Máximo Nominal (TMN)

El número de tamaño se aplica a la cantidad colectiva de agregado que pasa a través de las mallas. El Tamaño Máximo Nominal de un agregado, es el menor tamaño de la malla por el cual debe pasar la mayor parte del agregado.

La malla de tamaño máximo nominal, puede retener de 5% a 15% del agregado dependiendo del número del tamaño, por lo común el tamaño máximo de las partículas de agregado no debe pasar:

- Un quinto de la dimensión mas pequeña del miembro de concreto
- Tres cuartos del espaciamiento libre entre barras de rudeza
- Un tercio del paralte de las losas.

En la siguiente tabla se muestran los tamaños máximos permitidos dependiendo del elemento estructural que se va a desarrollar.

Tabla 4. Tamaño Máximo Nominal Permitido.

Dimensión mínima del elemento	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL mm (pulg)			
	Muros reforzados, vigas y columnas	Muros sin refuerzo	Losas muy reforzadas	Losas sin refuerzo o poco reforzadas
6 – 15	12 (½")- 19 (¾")	19 (¾")	19 (¾")- 25 (1")	19 (¾") – 38 (1½")
19 – 29	19 (¾")- 38 (1½")	38 (1½")	38 (1½") - 76 (3")	
30 – 74	38 (1 ½") - 76 (3")	76 (3")	38 (1½") - 76 (3")	76 (3")
75 o más	38 (1 ½") - 76 (3")	152 (6")	38 (1½") - 76 (3")	76 (3") – 152 (6")

Fuente: Apuntes de clase, Materiales de Construcción

Con los datos obtenidos de la granulometría de los trabajos de grado anteriores se obtuvo que el tamaño máximo (TM) es de 1" Pulgada y el tamaño máximo nominal (TMN) también es de 1" Pulgada.

6.3.3. PORCENTAJE DE AIRE

El contenido de aire y concretos con aire incluido puede llegar hasta el 8% del volumen del concreto, dependiendo del tamaño máximo del agregado grueso.

En esta investigación se considera que el concreto no estará expuesto a ambientes severos, por cuanto se está trabajando un concreto con aire atrapado normalmente.

A continuación, se observan los porcentajes de aire, que dependen directamente del tamaño máximo nominal del agregado grueso.

Tabla 5. Porcentaje de Aire en la Mezcla.

Agregado grueso TMN		Porcentaje de aire atrapado (%)	Porcentaje promedio total de aire incluido recomendado para los grados de exposición mostrados		
Pulgadas	mm		Suave	Mediano	Severo
3/8	9.51	3.0	4.5	6.0	7.5
1/2	12.50	2.5	4.0	5.5	7.0
3/4	19.10	2.0	3.5	5.0	6.0
1	25.40	1.5	3.0	4.5	6.0
1 1/2	38.10	1.0	2.5	4.5	5.5
2	50.8	0.5	2.0	4.0	5.0
3	76.1	0.3	1.5	3.5	4.5
6	152.4	0.2	1.0	3.0	4.0

Fuente: Apuntes de clase, Materiales de Construcción

Para el tamaño máximo nominal de 1" Pulgada el contenido de aire natural atrapado es de 1.5% del volumen del concreto.

6.3.4. Cantidad de Agua de Mezclado.

El contenido de agua puede ser afectado por un gran número de factores: Tamaño y forma del agregado, docilidad (Trabajabilidad, Consistencia y Plasticidad), relación agua/ cemento, contenido de aire, contenido de cemento, aditivos y condiciones ambientales.

El más importante es la forma de los agregados si son de río (forma redondeada, textura lisa) o si son de cantera (forma angulosa y textura rugosa). Los primeros son muy lisos y necesitan más cantidad de agua que los otros.

Se debe tener en cuenta que la cantidad de agua se puede estimar de dos maneras, por una gráfica en la cual se deben tener en cuenta datos como asentamiento, TMN y textura del agregado. Por la tabla de la ACI, se tienen en cuenta parámetros como asentamiento, TMN y contenido de aire de la mezcla.

La cantidad de agua se determina considerando que los agregados están saturados y superficialmente secos (sss), de tal manera que después se debe considerar la humedad y la absorción de los agregados.

A continuación en la tabla mostrada, se muestran las cantidades de agua a adicionar dependiendo del tamaño máximo nominal que se tenga en la muestra de concreto.

Tabla 6. Agua de la Mezcla de Concreto.

CONDICIONES DEL CONTENIDO DE AIRE	Asentamiento (cm)	Agua en kg/m ³ de concreto para los TMN del agregado indicado (mm)							
		10	12.5	20	25	40	50**	70**	150**
CONCRETO SIN AIRE INCLUIDO	3 – 5	205	200	185	180	160	155	145	125
	8 – 10	225	215	200	195	175	170	160	140
	15 – 18	240	230	210	205	185	180	170	---
	Cantidad aproximada de aire atrapado en concreto sin aire incluido (%)	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2
CONCRETO CON AIRE INCLUIDO	3 – 5	180	175	165	160	145	140	135	120
	8 – 10	200	190	180	175	160	155	150	135
	15 – 18	215	205	190	185	170	165	160	---
	Promedio recomendable de contenido de aire (%)	8.0	7.0	6.0	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0

**Los valores de asentamiento para un concreto que contenga un agregado mayor de 40 mm están basados en pruebas de asentamiento efectuado después de remover las partículas mayores de 40 mm por medio de cribado húmedo (arreglar granulometría).

Fuente: Apuntes de clase, Materiales de Construcción

6.3.5. Relación Agua/Cemento

La relación agua / cemento que se elija para el diseño de la mezcla, debe ser el menor valor requerido para cubrir las consideraciones de exposición de diseño,

Cuando la durabilidad no sea el factor que rija el diseño, la relación agua / cemento deberá elegirse en base a la resistencia a compresión del hormigón.

Por la facilidad con que se determina, la resistencia a la compresión es la medida por la calidad del concreto empleada más universalmente. A pesar de ser una característica, importante, otras propiedades tales como la durabilidad, la permeabilidad y la resistencia al desgaste pueden tener igual o mayor importancia.

La resistencia de la pasta de cemento en el concreto depende de la cantidad y calidad de los componentes reactivos y del grado al cual se completa la reacción de hidratación. El hormigón se vuelve resistente con el tiempo, siempre y cuando exista humedad disponible y se tenga una temperatura favorable.

Por lo tanto una resistencia a cualquier edad no es tanto función de la relación agua / cemento original, como lo es del grado de hidratación que alcance el cemento. La importancia de un curado puntual y completo se reconoce fácilmente a partir de este análisis,

La diferencia de resistencia para una relación agua / cemento puede ser resultado de cambios en el tamaño del agregado, granulometría, textura superficial, forma, resistencia y rigidez: de la diferencia en los tipos y fuentes del cemento; del contenido de aire incluido; de la presencia de aditivos; y de la duración del periodo del curado.

A continuación se muestran las relaciones agua/cemento, que depende principalmente de la resistencia a la compresión deseada y de la exposición que tenga el concreto a la intemperie.

Tabla 7. Relación Agua / Cemento.

Resistencia a la compresión kg/cm² (psi)	Concreto sin inductor de aire Relación absoluta por peso	Concreto con inductor de aire Relación absoluta por peso
175 (2500)	0.65	0.56
210 (3000)	0.58	0.50
245 (3500)	0.52	0.46
280 (4000)	0.47	0.42
315 (4500)	0.43	0.38
350 (5000)	0.40	0.35

Fuente: Apuntes de clase, Materiales de Construcción

6.3.6. El Contenido de Cemento

Se calcula usualmente a partir de la relación agua / cemento y del contenido de agua elegido, aunque usualmente se incluye en las especificaciones un contenido mínimo de cemento, además de un contenido de relación agua / cemento máxima, los requisitos mínimos de cantidad de cemento sirven para asegurar una durabilidad y acabado satisfactorios, una mayor resistencia al desgaste en losas, y una mejor apariencia superficial

En paramentos verticales. Esto es importante a pesar de que los requisitos de resistencia se satisfagan con menores contenidos de cemento.

Para lograr una mayor economía, la proporcionalidad debe ser tal que el consumo requerido de cemento sea mínimo sin que se llegue a sacrificar la calidad del concreto.

Como la calidad depende principalmente de la relación agua / cemento, se debe mantener un mínimo en la cantidad de agua para reducir la demanda de cemento. Entre las medidas para minimizar la cantidad de agua y cemento se incluye el uso de:

- La mezcla más aspera que sea práctica para usar.
- El tamaño máximo mayor de árido que sea posible usar.
- La relación óptima de agregado fino a grueso.



Fuente: Propia

Figura 7. Contenido de cemento

El concreto experimenta un proceso de endurecimiento progresivo que lo transforma de un material plástico en un sólido, producido por un proceso físico-químico complejo de larga duración.

En esta etapa, las propiedades del concreto evolucionan con el tiempo, dependiendo de las características y proporciones de los materiales componentes y de las condiciones ambientales a que está expuesto durante su vida útil.

La previsión de las propiedades que posee el concreto en una etapa determinada de este proceso de endurecimiento no es posible en la actualidad deducirla directamente de las características del proceso, sino que debe recurrirse a ensayos que evalúan en forma directa dichas propiedades.

Estas propiedades son:

Densidad, Resistencia, variaciones de volumen, propiedades elásticas del hormigón endurecido.

Con la siguiente ecuación, se puede obtener la cantidad de cemento a adicionar en la mezcla, donde a es el agua calculada en el paso anterior y a/c es la relación agua cemento del concreto a diseñar.

$$c = \frac{a}{a/c} \quad (1)$$

Para obtener el volumen del cemento, se debe tener la densidad del cemento que la suministró PREVESA S.A.

$$\gamma_c = 3130 \text{ kg/m}^3.$$

6.3.7. Granulometría del Material.

Primero se debe chequear si la granulometría cumple o no las especificaciones del concreto.

Después de observar las siguientes tablas y la granulometría propia, se determinó que se debe desarrollar la proporción de agregado grueso y agregado fino, por medio del método de la Road Note Laboratory.

Para comprobar la granulometría, se debe observar la siguiente tabla para el agregado fino.

Tabla 8. Límites para la Granulometría Agregado Fino.

TAMIZ		%PASA	
Mm	pulg	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
9.51	3/8	100	100
4.76	No 4	95	100
2.38	No 8	80	100
1.19	No 16	50	85
0.595	No 30	25	60
0.297	No 50	10	30
0.149	No 100	2	10

Fuente: Propia

Para comprobar la granulometría del agregado grueso se utiliza la siguiente tabla.

Tabla 9. Límites de la Granulometría Agregado Grueso.

Agregado	Tamaño nominal mm	MATERIAL QUE PASA CADA UNO DE LOS SIGUIENTES TAMICES ICONTEC (PORCENTAJE)												
		101.6 mm 4"	90.5m m 3½"	76.1m m 3"	64.0m m 2½"	50.8m m 2"	38.1m m 1½"	25.4m m 1"	19.0m m ¾"	12.7m m ½"	9.51m m 3/8"	4.76m m No 4	2.38m m No 8	1.19 mm No 16
0	90.50 – 38.10	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 15					
1	64.00 – 38.10			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
2	50.80 – 4.76				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5		
3	38.10 – 4.76					100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5		
4	25.40 – 4.76						100	95 a 100		25 a 60	0 a 10	0 a 5		
5	19.0 – 4.76							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5	
6	12.7 – 4.76								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	
7	9.51 – 2.38									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5
8	50.8 – 25.4				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5				
9	38.10 – 19.0					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5				

Fuente: Apuntes de clase, Materiales de Construcción

Después de comprobar con estas tablas, el agregado, se observó que se tiene un porcentaje de agregado grueso de 56% y de agregado fino de 44%, para el total de agregados. Como la granulometría no cumplía, como se muestra en la siguiente ecuación, se obtiene el valor del volumen del agregado grueso:

$$Vol_{\text{agregadogrueso}} = \frac{Vol_{\text{totalagregados}}}{1 + \frac{\% \text{ fino } \cdot \gamma_g}{\% \text{ grueso } \cdot \gamma_f}} \quad (2)$$

El volumen del agregado fino se obtiene de la siguiente manera:

$$Vol_{\text{agregadofino}} = 1m^3 - (Vol_{\text{aire}} + Vol_{\text{agua}} + Vol_{\text{cemento}} + Vol_{\text{agregadogrueso}}) \quad (3)$$

6.3.8. Ajuste de Agua en la Mezcla de Concreto.

En esta parte se debe tener en cuenta el agua que tienen incluida los agregados, ya sea para adicionar o para disminuirla en la ya calculada. Para esto se debe conocer la Humedad y la Absorción que manejan los agregados al momento de realizar la mezcla.

A continuación se observan las fórmulas que se deben utilizar para determinar la cantidad de este material.

$$Agua_{Agregado} = \sum \left(m_{agregado} \cdot \frac{(\% Humedad - \% Absorción)}{100\%} \right) \quad (4)$$

$$m_{Re al Agregado} = m_{agregado} \cdot \left(1 + \frac{\% Humedad}{100\%} \right) \quad (5)$$

6.4. DISEÑO DE MEZCLA CON ADICIÓN DE VIRUTA.

A continuación se muestra el diseño de mezcla con adición de viruta utilizando el procedimiento de la Road Note Laboratory.

$$TMN = 1''$$

$$\gamma_{grueso} = 2620 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_{fino} = 2420 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_{cemento} = 3130 \text{ kg/m}^3$$

$$Humedad_{Grueso} = 1.4\%$$

$$Humedad_{Fino} = 5.26\%$$

$$Absorción_{Grueso} = 1.05\%$$

$$Absorción_{Fino} = 1.11\%$$

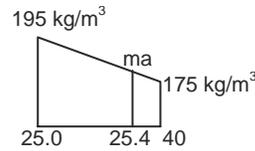
$$\text{Asentamiento} = 10 \text{ cm}$$

$$\% \text{ aire} = 1.5\%$$

$$Vol_{aire} = 1m^3 \cdot \left(\frac{1.5\%}{100\%} \right) = 0.015m^3 \quad (6)$$

Para determinar el volumen de agua que se tiene en la mezcla se debe interpolar en la tabla 6, en la parte de concreto sin aire incluido, entre los Tamaños Máximos Nominales de 25 y 40 mm.

A continuación se muestran los cálculos de este parámetro.



ma → Cantidad de agua por metro cúbico

$$\frac{175 - 195}{40 - 25.4} = \frac{175 - ma}{25 - 25.4} \quad (7)$$

$$ma = 175 - \left(\frac{175 - 195}{40 - 25.4} \right) \cdot (25 - 25.4)$$

$$ma = 194.6 \text{ kg}$$

$$Va = \frac{ma}{\gamma_a} = \frac{194.6 \text{ kg}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.1946 \text{ m}^3 \quad (8)$$

Figura 8. Determinación Masa Agua Mezcla de Concreto.

Para obtener la masa de cemento, se debe observar en la tabla 7, cual es la relación agua cemento dependiendo de la resistencia a la compresión y la inclusión o no de aire en la mezcla.

$$m_{\text{cemento}} = \left(\frac{ma}{a/c} \right) = \frac{194.6 \text{ kg}}{0.58} = 335.52 \text{ kg} \quad (9)$$

Después de obtener la masa de cemento, se determina el volumen del mismo en la mezcla de concreto.

$$V_{\text{cemento}} = \left(\frac{mc}{\gamma_{\text{cemento}}} \right) = \frac{335.52 \text{ kg}}{3130 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.107 \text{ m}^3 \quad (10)$$

El porcentaje de Agregado Grueso utilizado es de 56% y el porcentaje de Agregado Fino utilizado es de 44%.

En la ecuación (2) se determina el volumen del agregado grueso teniendo en cuenta que:

$$\gamma_{\text{Grueso}} = 2620 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_{\text{Fino}} = 2420 \text{ kg/m}^3$$

Con los datos anteriores se reemplaza en la ecuación:

$$Vol_{\text{totalagregados}} = 1 \text{ m}^3 - (0.015 \text{ m}^3 + 0.1946 \text{ m}^3 + 0.107 \text{ m}^3) \quad (11)$$

$$Vol_{\text{totalagregados}} = 0.683 \text{ m}^3$$

$$Vol_{agregadogrueso} = \frac{0.683m^3}{1 + \frac{44\% \cdot 2620}{56\% \cdot 2420}} = 0.369m^3$$

Para obtener el volumen de agregado fino se utiliza la ecuación (3)

$$Vol_{agregadofino} = 1m^3 - (0.015m^3 + 0.1946m^3 + 0.107m^3 + 0.369m^3)$$

$$Vol_{totalagregados} = 0.314m^3$$

La masa de los agregados se obtiene de el volumen multiplicarlo por la densidad de los mismos como se muestra a continuación.

$$m_{agregadogrueso} = 0.369m^3 \cdot 2620 \frac{kg}{m^3} = 967.2kg$$

$$m_{agregadofino} = 0.314m^3 \cdot 2420 \frac{kg}{m^3} = 760.0kg$$

A continuación se muestra la tabla resumen de los datos obtenidos sin ajuste de agua en los agregados y sin adicionar Viruta de acero.

Tabla 10. Proporciones de Materiales Sin Ajuste de Agua

Materiales	Masa (kg)	Densidad (kg/m³)	Vol (m³)
Aire	0,000	0,000	0,015
Agua	194,6	1000,000	0,195
Cemento	335,5	3130,000	0,107
Agregado Grueso	967,2	2620,000	0,369
Agregado Fino	760,0	2420,000	0,314
	2257,31		1,000

Fuente: Propia

Después de obtener las proporciones de materiales, se procede a realizar el ajuste de agua con las ecuaciones (4) y (5), en la cual se obtienen las masas y el agua real a adicionar a la mezcla de concreto de tal manera que se tenga en cuenta el agua que tienen naturalmente los agregados.

$$Agua_{Agregado} = \left(967.2kg \cdot \frac{(1.4\% - 1.05\%)}{100\%} + 760kg \cdot \frac{(5.26\% - 1.11\%)}{100\%} \right)$$

$$Agua_{Agregado} = 3.39kg + 31.54kg$$

$$Agua_{Agregado} = 34.92kg$$

$$Agua_{Mezcla} = 194.6kg - (34.92kg) = 159.68kg$$

$$m_{Re alAgregadoGrueso} = 967.2kg \cdot \left(1 + \frac{1.4\%}{100\%} \right) = 980.77kg$$

$$m_{Re alAgregadoFino} = 760.0kg \cdot \left(1 + \frac{5.26\%}{100\%} \right) = 799.94kg$$

A continuación se muestra el ajuste del agua que se realizó en la mezcla de concreto sin adicionar viruta de acero.

Tabla 11. Proporciones de Materiales con Ajuste de Agua

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
	2275,901439		1,000

Fuente: Propia

Para determinar que cantidad de viruta que se debe adicionar al material, se debe conocer su densidad. En el laboratorio, se obtuvo que la densidad de este material es:

$$\gamma_{viruta} = \frac{126.6gr}{38mm^3} = 3.33 \frac{gr}{mm^3} = 3330 \frac{kg}{m^3} \quad (12)$$

Teniendo en cuenta la densidad de la viruta y el porcentaje de Adición de viruta del proyecto en particular, se obtienen los resultados de Viruta y de Arena que se deben adicionar en la mezcla.

$$V_{viruta} = V_{agregadofino} \cdot \left(\frac{\%Viruta}{100\%} \right) \quad (13)$$

$$V_{agregadofinofinal} = V_{agregadofino} \cdot \left(\frac{\% fino}{100\%} \right)$$

$$V_{viruta12\%} = 0.314m^3 \cdot \frac{12\%}{100\%} = 0.038m^3$$

$$V_{viruta14\%} = 0.314m^3 \cdot \frac{14\%}{100\%} = 0.044m^3$$

$$V_{agregadofinofinal12\%} = 0.314m^3 \cdot \left(\frac{88\%}{100\%} \right) = 0.276m^3$$

$$V_{agregadofinofinal14\%} = 0.314m^3 \cdot \left(\frac{86\%}{100\%} \right) = 0.270m^3$$

$$Masa_{viruta12\%} = 3330 \frac{kg}{m^3} \cdot 0.038m^3 = 125.49kg$$

$$Masa_{viruta14\%} = 3330 \frac{kg}{m^3} \cdot 0.044m^3 = 146.403kg$$

$$Masa_{agregadofinofinal12\%} = 2420 \frac{kg}{m^3} \cdot 0.276m^3 = 668.769kg$$

$$Masa_{agregadofinofinal14\%} = 2420 \frac{kg}{m^3} \cdot 0.270m^3 = 653.570kg$$

Tabla 12. Cantidad de Agregado Fino y Viruta de Acero en la Mezcla.

% viruta	% fino	Vol Viruta	Vol Arena	Masa Viruta	Masa Fino
12	88	0,038	0,276	125,488	668,769
14	86	0,044	0,270	146,403	653,570

Fuente: Propia

Después de determinar la cantidad real de agregado fino que se debe adicionar a la mezcla para 12 y 14 por ciento, se debe realizar el ajuste de agua para esta nueva cantidad de fino adicionada.

$$Agua_{Agregado12\%Viruta} = \left(967.2kg \cdot \frac{(1.4\% - 1.05\%)}{100\%} + 668.769kg \cdot \frac{(5.26\% - 1.11\%)}{100\%} \right)$$

$$Agua_{Agregado12\%Viruta} = 3.39kg + 27.75kg$$

$$Agua_{Agregado12\%Viruta} = 31.14kg$$

$$Agua_{Mezcla12\%Viruta} = 194.6kg - (31.14kg) = 163.46kg$$

$$m_{\text{Re al Agregado Fino 12\% Viruta}} = 668.769\text{kg} \cdot \left(1 + \frac{5.26\%}{100\%}\right) = 703.95\text{kg}$$

$$\text{Agua}_{\text{Agregado 14\% Viruta}} = \left(967.2\text{kg} \cdot \frac{(1.4\% - 1.05\%)}{100\%} + 653.570\text{kg} \cdot \frac{(5.26\% - 1.11\%)}{100\%}\right)$$

$$\text{Agua}_{\text{Agregado 14\% Viruta}} = 3.39\text{kg} + 27.12\text{kg}$$

$$\text{Agua}_{\text{Agregado 14\% Viruta}} = 30.51\text{kg}$$

$$\text{Agua}_{\text{Mezcla 14\% Viruta}} = 194.6\text{kg} - (30.51\text{kg}) = 164.09\text{kg}$$

$$m_{\text{Re al Agregado Fino 14\% Viruta}} = 653.57\text{kg} \cdot \left(1 + \frac{5.26\%}{100\%}\right) = 687.95\text{kg}$$

A continuación se muestra el resumen de los resultados obtenidos con la adición de viruta de acero de un 12%, respecto al agregado fino de la mezcla de concreto.

Tabla 13. Cantidades de Material Mezcla 12% Adición de Viruta.

Materiales	Masa (kg)	Densidad (kg/m³)	Vol (m³)
Aire	0,000	0	0,015
Agua	163,461	1000	0,195
Cemento	335,517	3130	0,107
Agregado Grueso	980,769	2620	0,369
Agregado Fino	703,95	2420	0,276
Viruta	125,5	3330	0,038
	2309,18		1,000

Fuente: Propia

En la siguiente tabla, se muestran los resultados obtenidos para las cantidades de material que se deben utilizar al realizar una mezcla de concreto con adición de viruta de 14% respecto al agregado fino de la mezcla.

Tabla 14. Cantidades Materiales Mezcla 14% Adición de Viruta.

Materiales	Masa (kg)	Densidad (kg/m³)	Vol (m³)
Aire	0,000	0	0,015
Agua	164,092	1000	0,195
Cemento	335,517	3130	0,107
Agregado Grueso	980,769	2620	0,369
Agregado Fino	687,95	2420	0,270
Viruta	146,4	3330	0,044
	2314,73		1,000

Fuente: Propia

6.5. REALIZACIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO.

Como se dijo anteriormente se hizo muestra patrón y muestras con adición de viruta de acero con 12% y 14% respecto al agregado fino de la muestra.

Se mostrará el procedimiento que se realizó para fabricar los cilindros y obtener las muestras. En total fueron noventa (90) cilindros que se fabricaron y su distribución fue la siguiente:

- Para las muestras sin adición de viruta se fabricaron treinta (30) cilindros.
- Para las muestras con adición de viruta al 12% respecto al agregado fino se realizaron treinta (30) Cilindros
- Para las muestras con adición de viruta al 14% respecto al agregado fino se realizaron treinta (30) cilindros

Después de conocer la cantidad de cilindros que se fabricaron de cada muestra se fallaron diez (10) cilindros con su respectiva edad para conocer su resistencia y más adelante observar su comportamiento con las demás edades.



Fuente: Propia

Figura 9. Fabricación de cilindros.

Hay que tener en cuenta también que en la fabricación de los cilindros es indispensable hacerlos con un proceso de veinte y cinco (25) golpes por capa, para tener una buena calidad de este, y cumplir con el proceso de

fabricación para no tener inconvenientes con la estética del cilindro y con los ensayos realizados.

Se procedió primero a desarrollar los 30 cilindros de las muestras sin adición de viruta el veintiséis (26) de Noviembre para ahorrar tiempo ya que en diciembre cerraban la universidad, el veintisiete (27) de noviembre se desencofraron los cilindros de esa muestra, y el veintiocho (28) de noviembre fallamos los 10 primeros cilindros de esa muestra, los demás cilindros se dejan en fraguado para fallarlos el día correspondiente.

Este proceso es similar con las demás muestras ahora con adición de viruta, se ejecuto el mismo proceso pero ya con otras fechas de fabricación para no tener inconvenientes con el tiempo, igualmente la empresa Prevesa nos facilito sus instalaciones para hacer las muestras.

El veintiocho (28) de noviembre se hicieron los 30 cilindros con adición de viruta al 12%, se dejaron curar 24 horas y el día siguiente se desencofraron, se fallaron a los 3,7 y 28 días y obtuvimos su resistencia.

Igualmente el treinta (30) de noviembre realice los otros 30 cilindros con adición de viruta al 14%, el curado y la desencofrada fue el mismo tiempo que las muestras hechas al 12%.

En el laboratorio de suelos de la Universidad Pontificia Bolivariana se hallaron los 90 cilindros con sus edades correspondientes y agradecer a la universidad por sus excelentes instalaciones.

7. RESULTADOS.

Después de la fabricación de los cilindros de 12% y 14% de adición de viruta respecto al agregado fino de la mezcla, se realizaron los ensayos para obtener la resistencia a compresión en las edades de tres (3), siete (7) y veintiocho (28) días.

Es muy importante saber que se realizó un proceso para llegar a obtener estos resultados, desde obtener los materiales para la fabricación de las muestras hasta su elaboración.

Para medir la resistencia a la compresión se elaboran cilindros testigos de las mezclas que se están usando en la estructura, siguiendo el procedimiento indicado en las normas NTC 550 y NTC 673.

A continuación se mostraran los resultados obtenidos a los tres (3), siete (7) y veintiocho (28) días para el trabajo de grado.

Se realizaron treinta (30) cilindros por muestra divididas de la siguiente manera:

- 10 cilindros de muestra estándar (Sin adición de viruta).
- 10 cilindros con adición de 12% de viruta de acero respecto al agregado fino de la mezcla.
- 10 cilindros con adición de 14% de viruta de acero respecto al agregado fino de la mezcla.

7.1. MUESTRAS DE CONCRETO. EDAD TRES (3) DIAS

Después de realizados los cilindros, se transportan al Laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, se obtienen las dimensiones del diámetro de la muestra, se colocan en la prensa universal y se determina la carga aplicada de falla del cilindro.



Fuente: Propia

Figura 10. Falla del cilindro

7.1.1. Muestras de Concreto Estándar (Sin adición de viruta de acero). 3 días.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la mezcla estándar a los tres (3) días, estos resultados se obtuvieron determinando el área a partir del diámetro, fuerza (KN) y esfuerzo a compresión así:

Tabla 15. Resultados Muestras de Concreto Estándar Edad Tres días.

Muestra	ϕ (mm)	Área (mm ²)	Fuerza (kN)	σ (MPa)
1	152	18145,84	283,6	15,63
2	151	17907,86	316,3	17,66
3	153	18385,39	255,4	13,89
4	157	19359,28	324,3	16,75
5	156	19113,45	293,1	15,33
6	154	18626,50	278	14,92
7	150	17671,46	297,7	16,85
8	151	17907,86	351,5	19,63
9	151	17907,86	332,7	18,58
10	155	18869,19	320,6	16,99
Promedio				16,62

Fuente: Propia

7.1.2. Resultados muestra Con Adición del 12% De Viruta de Acero respecto al agregado fino de la mezcla. 3 días.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la muestra con adición del 12% de viruta de acero respecto al agregado fino de la mezcla a los tres (3) días, estos resultados se obtuvieron midiendo su área (diámetro), fuerza (KN) y esfuerzo a compresión así:

Tabla 16. Resultados Muestra de Concreto Viruta 12% a los Tres (3) días.

Muestra	ϕ (mm)	Área (mm ²)	Fuerza (kN)	σ (MPa)
1	150	17671,46	350,8	19,85
2	153	18385,39	333,3	18,13
3	155	18869,19	407,1	21,57
4	157	19359,28	398,6	20,59
5	160	20106,19	351,3	17,47
6	155	18869,19	365,7	19,38
7	157	19359,28	466,5	24,10
8	152	18145,84	352,8	19,44
9	154	18626,50	316,5	16,99
10	153	18385,39	350,3	19,05
Promedio				19,66

Fuente: Propia

7.1.3. Resultados muestra Con Adición del 14% De Viruta de Acero respecto al agregado fino de la mezcla. 3 días.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la muestra con adición del 14% de viruta de acero respecto al agregado fino de la mezcla a los tres (3) días, estos resultados se obtuvieron midiendo su área (diámetro), fuerza (KN) y esfuerzo a compresión así:

Tabla 17. Resultados Muestra de Concreto Viruta 14% a los Tres (3) días

Muestra	ϕ (mm)	Área (mm ²)	Fuerza (kN)	σ (MPa)
1	153	18385,39	311,2	16,93
2	155	18869,19	336,5	17,83
3	153	18385,39	268,3	14,59
4	156	19113,45	285,5	14,94
5	149	17436,62	226,2	12,97

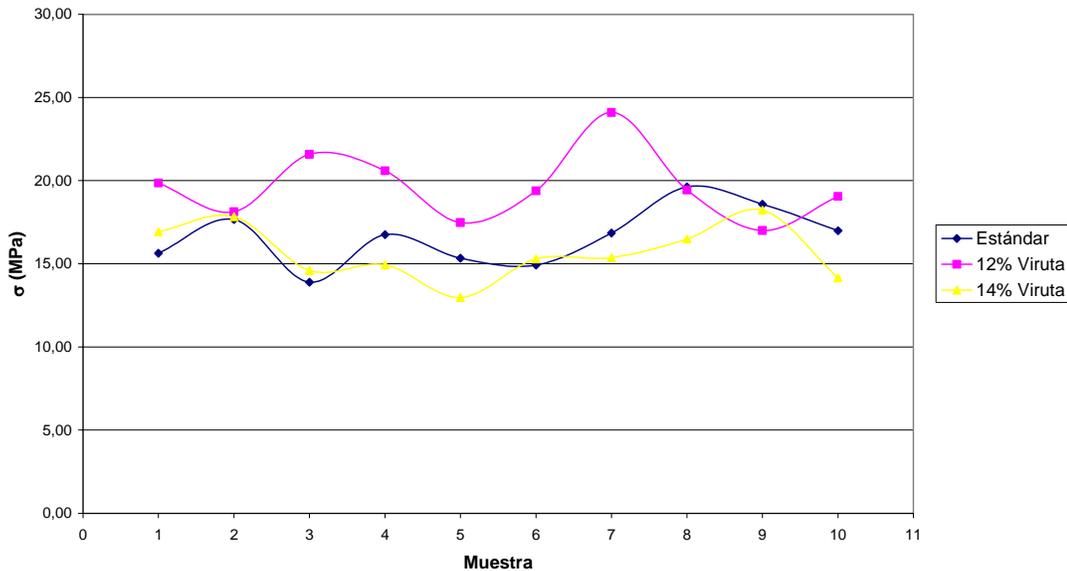
Continuación Tabla 17. Resultados Muestra de Concreto Viruta 14% a los Tres (3) días

Muestra	ϕ (mm)	Área (mm ²)	Fuerza (kN)	σ (MPa)
6	156	19113,45	292,3	15,29
7	155	18869,19	290,1	15,37
8	155	18869,19	311,1	16,49
9	152	18145,84	330,6	18,22
10	150	17671,46	250,2	14,16
Promedio				15,68

Fuente: Propia

A continuación se puede observar el compendio de los resultados de esfuerzos de compresión de las treinta muestras que se desarrollaron.

Esfuerzos (MPa) Edad: Tres días



Fuente: Propia

Figura 11. Resultados de Esfuerzos de Compresión Edad 3 días.

El mejor comportamiento de las muestras con adición de viruta respecto al agregado fino de la mezcla es el 12%, ya que se presentó un ligero aumento respecto a la muestra estándar, mientras que la muestra del 14% de adición de viruta respecto al agregado fino de la mezcla, se puede suponer que la resistencia sería mayor que la de la muestra estándar, caso contrario se presentó con los resultados y dio un esfuerzo de compresión mucho menor que el obtenido en la muestra estándar.

7.2. MUESTRA DE CONCRETO, EDAD SIETE (7) DIAS

7.2.1. Muestras de Concreto Estándar (Sin adición de viruta de acero). 7 días.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la muestra estándar a los siete (7) días, en estos resultados se obtuvo el área (diámetro), fuerza (KN) y esfuerzo a compresión así:

Tabla 18. Resultados Muestras de Concreto Estándar Edad Siete (7) días

Muestra	ϕ (mm)	Área (mm ²)	Fuerza (kN)	σ (MPa)
1	150	17671,46	290,7	16,45
2	149	17436,62	283,6	16,26
3	148	17203,36	300,7	17,48
4	153	18385,39	301,5	16,40
5	150	17671,46	290,7	16,45
6	149	17436,62	295,6	16,95
7	151	17907,86	299,3	16,71
8	153	18385,39	300,5	16,34
9	148	17203,36	298,2	17,33
10	150	17671,46	301,6	17,07
Promedio				16,75

Fuente: Propia

7.2.2. Resultados muestra Con Adición del 12% De Viruta de Acero respecto al agregado fino de la mezcla. 7 días.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la muestra con adición de viruta de acero de 12% respecto al agregado fino, a los siete (7) días, en estos resultados se obtuvo el área (diámetro), fuerza (KN) y esfuerzo a compresión así:

Tabla 19. Resultados Muestra de Concreto Viruta 12% a los Siete (7) días

Muestra	ϕ (mm)	Área (mm ²)	Fuerza (kN)	σ (MPa)
1	155	18869,19	418,4	22,17
2	154	18626,50	370,5	19,89
3	157	19359,28	403,2	20,83
4	155	18869,19	407,1	21,57
5	153	18385,39	399,5	21,73
6	159	19855,65	351,3	17,69
7	157	19359,28	363,2	18,76
8	154	18626,50	319,4	17,15
9	155	18869,19	311,1	16,49
10	153	18385,39	354,5	19,28
Promedio				19,56

Fuente: Propia

7.2.3. Resultados muestra Con Adición del 14% De Viruta de Acero respecto al agregado fino de la mezcla. 7 días.

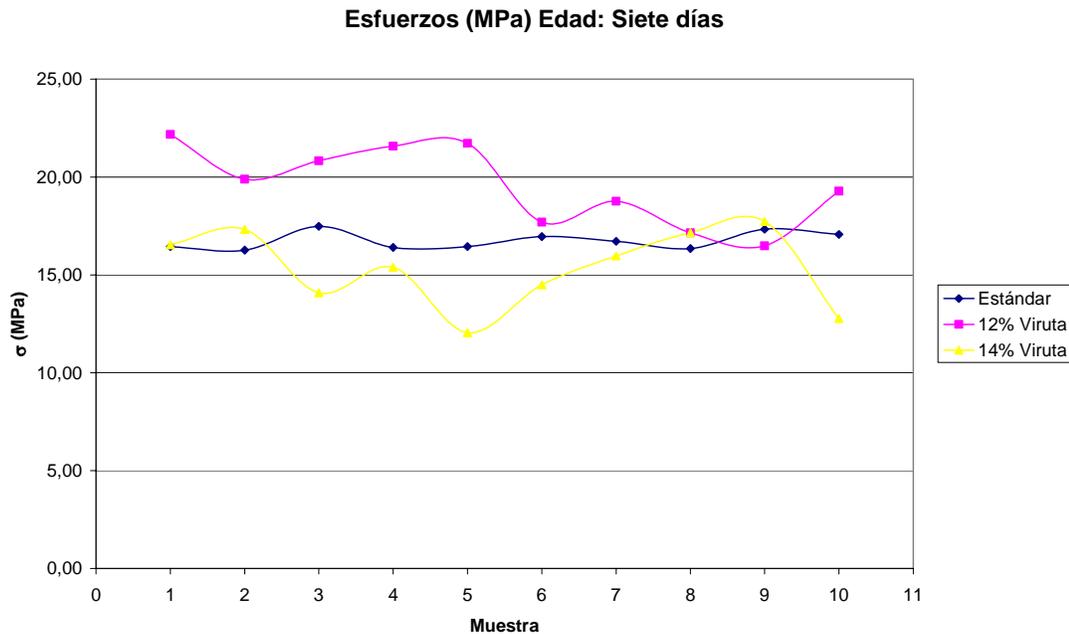
En la siguiente tabla se muestran los resultados de la muestra con adición de viruta de acero de 14% respecto al agregado fino, a los siete (7) días, en estos resultados se obtuvo el área (diámetro), fuerza (KN) y esfuerzo a compresión así:

Tabla 20. Resultados Muestra de Concreto Viruta 14% a los Siete (7) días

Muestra	ϕ (mm)	Área (mm ²)	Fuerza (kN)	σ (MPa)
1	155	18869,19088	312,1	16,54
2	157	19359,27933	335,4	17,33
3	155	18869,19088	265,8	14,09
4	155	18869,19088	290,3	15,38
5	156	19113,4497	230,3	12,05
6	157	19359,27933	280,6	14,49
7	154	18626,50284	297,4	15,97
8	152	18145,83917	311,3	17,16
9	153	18385,38561	325,9	17,73
10	157	19359,27933	247,2	12,77
Promedio				15,35

Fuente: Propia

A continuación se muestran los resultados tabulados en la gráfica, en la cual se observan los resultados de los treinta cilindros que se probaron a los 7 días.



Fuente: Propia

Figura 12. Resultados de Esfuerzos de Compresión Edad 7 días.

Realizando una comparación del comportamiento de los datos de los tres (3) y siete (7) días, se observa que a los siete (7) días sigue siendo mayor los esfuerzos del 12% de adición de viruta que las muestras del 14%.

El resultado de las muestras del 12% y 14% disminuyeron notablemente sus resistencias respecto a las obtenidas a los tres (3) días y no tuvieron el comportamiento esperado.

Iniciando el proyecto, se pensaría que en esta edad se obtendría un esfuerzo superior al que se obtuvo a la edad de 3 días. Esto no fue así ya que la muestra del 12% de adición de viruta de acero disminuyó en 1,46% respecto a la resistencia obtenido a la edad de tres (3) días y la de 14% también disminuyó en 2,66%. En estas muestras no se presenta un comportamiento común respecto a la resistencia medida en el tiempo.

7.3. MUESTRA DE CONCRETO, EDAD VEINTIOCHO (28) DIAS

7.3.1. Muestras de Concreto Estándar (Sin adición de viruta de acero). 28 días.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la muestra estándar a los veintiocho (28) días, en estos resultados se obtuvo el área (diámetro), fuerza (KN) y esfuerzo a compresión así:

Tabla 21. Resultados Muestras de Concreto Estándar Edad Veintiocho (28) días

Muestra	ϕ (mm)	Área (mm ²)	Fuerza (kN)	σ (MPa)
1	153	18385,39	380	20,67
2	150	17671,46	396,3	22,43
3	149	17436,62	390,4	22,39
4	150	17671,46	420,6	23,80
5	154	18626,50	431,7	23,18
6	152	18145,84	387,3	21,34
7	150	17671,46	380,1	21,51
8	150	17671,46	439,7	24,88
9	149	17436,62	425,6	24,41
10	153	18385,39	343,7	18,69
Promedio				22,33

Fuente: Propia

7.3.2. Resultados muestra Con Adición del 12% De Viruta de Acero respecto al agregado fino de la mezcla. 28 días.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la muestra con adición de viruta de acero de 12% respecto al agregado fino, a los veintiocho (28) días, en estos resultados se obtuvo el área (diámetro), fuerza (KN) y esfuerzo a compresión así:

Tabla 22. Resultados Muestra de Concreto Viruta 12% a los Veintiocho (28) días

Muestra	ϕ (mm)	Área (mm ²)	Fuerza (kN)	σ (MPa)
1	158	19606,68	532,9	27,18
2	159	19855,65	585,6	29,49
3	159	19855,65	337,7	17,01
4	154	18626,50	475,7	25,54
5	154	18626,50	528,6	28,38
6	154	18626,50	517,9	27,80
7	156	19113,45	494	25,85
8	158	19606,68	567,3	28,93
9	154	18626,50	530,6	28,49
10	158	19606,68	511,9	26,11
Promedio				26,48

Fuente: Propia

7.3.3. Resultados muestra Con Adición del 14% De Viruta de Acero respecto al agregado fino de la mezcla. 28 días.

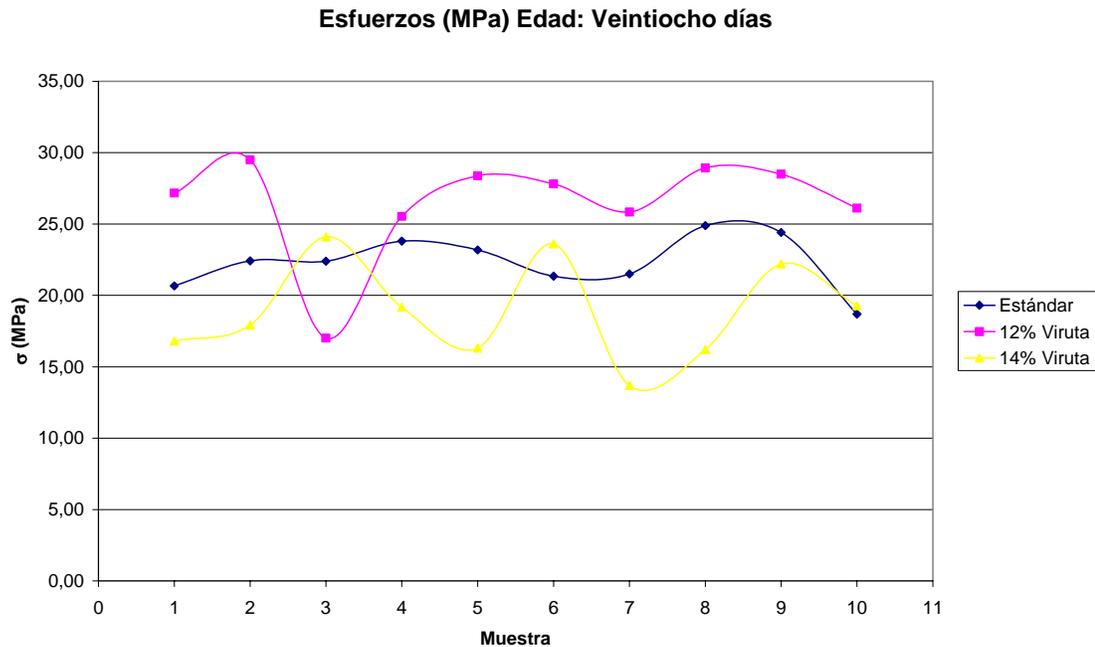
En la siguiente tabla se muestran los resultados de la muestra con adición de viruta de acero de 14% respecto al agregado fino, a los veintiocho (28) días, en estos resultados se obtuvo el área (diámetro), fuerza (KN) y esfuerzo a compresión así:

Tabla 23. Resultados Muestra de Concreto Viruta 14% a los Veintiocho (28) días

Muestra	ϕ (mm)	Área (mm ²)	Fuerza (kN)	σ (MPa)
1	155	18869,19088	317	16,80
2	160	20106,19298	360,5	17,93
3	158	19606,67975	472,5	24,10
4	154	18626,50284	357,2	19,18
5	158	19606,67975	319,7	16,31
6	154	18626,50284	439,8	23,61
7	153	18385,38561	251,6	13,68
8	153	18385,38561	297,9	16,20
9	157	19359,27933	429,7	22,20
10	152	18145,83917	350	19,29
Promedio				18,93

Fuente: Propia

En la siguiente gráfica se observan los resultados de esfuerzos obtenidos a los veintiocho días de fabricada las muestras, para la muestra estándar, la muestra de 12% y 14% de adición de viruta respecto al agregado fino de la mezcla.



Fuente: Propia

Figura 13. Resultados de Esfuerzos de Compresión Edad 28 días.

Los esfuerzos de estas muestras aumentan respecto a los tres (3) y siete (7) días, el 12% de adición de viruta sigue presentando esfuerzos mayores que la del 14%, es importante mencionar que la mezcla de todas las muestras se realizaron al mismo tiempo.

Por esta razón las muestras del 14% de adición de viruta no se comportó como se esperaba, presentó una disminución muy grande a medida que pasaban los días, este comportamiento no es normal para un concreto estándar.

7.4. RESUMEN DE RESULTADOS

En el siguiente cuadro se muestra el valor promedio de esfuerzos a compresión (MPa) teniendo en cuenta todos los trabajos de grado que se han desarrollado sobre el mismo tema y el trabajo de grado propio, este cuadro es de gran importancia ya que reúne toda la información necesaria para poder concluir sobre los resultados obtenidos con los respectivos

porcentajes de adición de viruta de acero respecto al agregado fino de la mezcla.

A continuación se observa el resumen de resultados de los esfuerzos de todos los trabajos realizados.

Tabla 24. Esfuerzo Promedio de Concreto

Cilindros	Esfuerzos Promedio (MPa)			
	3 días	7 días	28 días	
Estandar	16,62	16,75	22,33	***
6% viruta	19,23	22,26	26,82	*
8% viruta	24,09	26,00	31,79	*
10% viruta	28,28	32,34	36,60	*
12% viruta	19,66	19,56	26,48	***
14% viruta	15,68	15,35	18,93	***
15% viruta	16,93	14,88	19,50	**
20% viruta	10,52	12,03	14,28	**

* Tesis 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"

** Tesis de Grado "OPTIMIZACIÓN DE UN CONCRETO DE 3000 PSI MEJORANDO LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ADICIONANDO VIRUTA DE ACERO"

***Fuente: Propia

También se puede observar el aumento o disminución de resistencia respecto a la obtenida con el concreto estándar a compresión de las muestras dependiendo de su edad y porcentaje de viruta, la formula utilizada para calcular este resultado, es la siguiente:

$$\% \text{ Aumento} = \frac{\text{ResistenciaViruta} - \text{ResistenciaEstándar}}{\text{ResistenciaEstándar}} \cdot 100$$

Tabla 25. Porcentajes de Aumento de Resistencia Respecto a la muestra Estándar

Muestra	3 dias	7 dias	28 dias
6% viruta	15,70	32,92	20,13
8% viruta	44,90	55,29	42,36
10% viruta	70,13	93,10	63,92
12% viruta	18,25	16,79	18,57
14% viruta	-5,68	-8,34	-15,23
15% viruta	1,82	-11,14	-12,67
20% viruta	-36,70	-28,19	-36,05

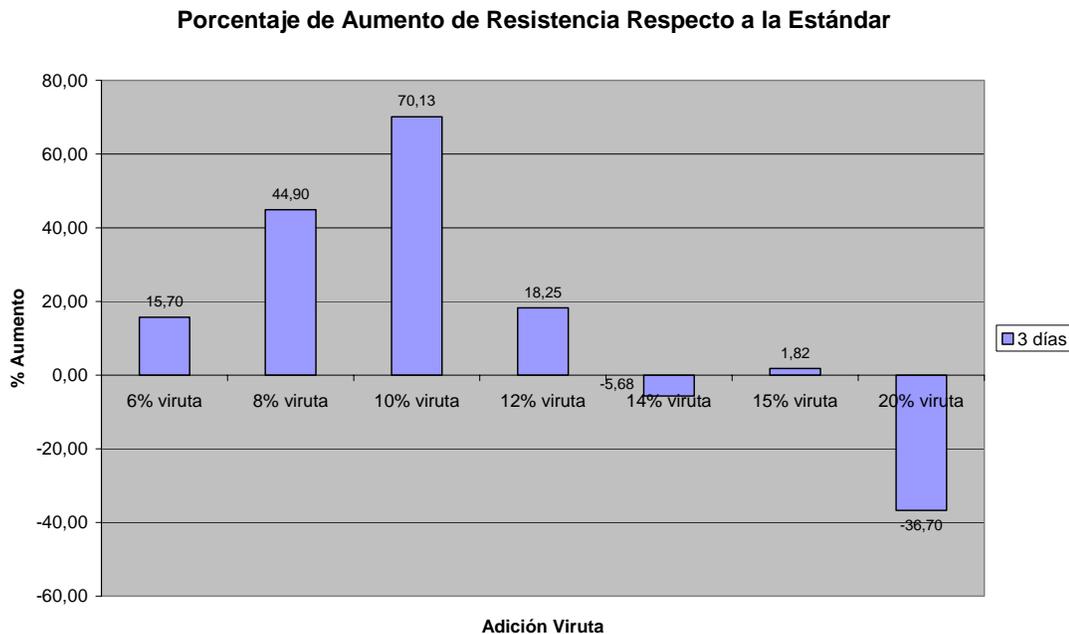
Fuente: Propia

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Después de obtener los resultados de esfuerzos de compresión en cilindros de concreto, se procede a realizar un análisis de estos resultados, para poder realizar las conclusiones del respectivo trabajo de grado.

8.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS MUESTRAS A LOS TRES (3) DÍAS DE ENSAYADAS.

Es importante observar que el aumento mayor de resistencia a la compresión, se presentó en la muestra con 10% de adición de viruta de acero. Las muestras con los otros porcentajes presentaron un aumento importante, cuando son inferiores al 10% de adición de viruta, pero cuando se incrementa el porcentaje de adición de viruta, se obtienen resultados mucho menores en aumento de resistencia, lo cual indica que estas adiciones de viruta, no son las mejores en el comportamiento del concreto con esta adición.

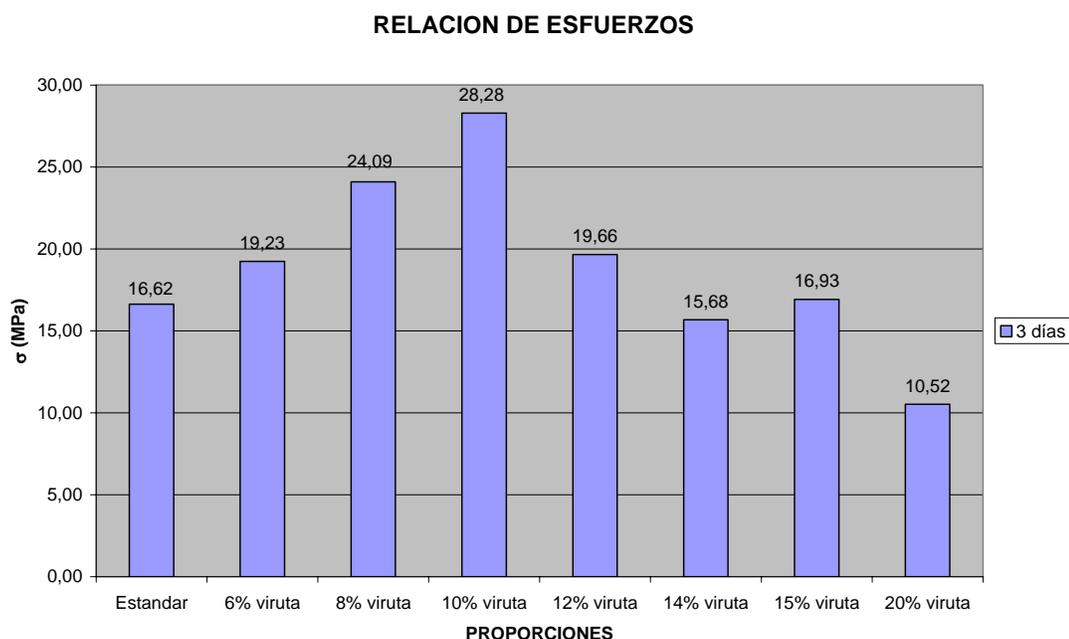


Fuente: Propia

Figura 14. Porcentaje de aumento de resistencia respecto a la muestra estándar. 3 días

En la gráfica anterior se resumen todos los datos mostrados en la tabla de aumento de resistencia respecto a la muestra estándar a los tres (3) días.

Cuando se observa el promedio de la resistencia obtenida con cada muestra de adición de viruta y se compara con la muestra estándar, se puede observar que hasta una adición de 12% de viruta de acero respecto al agregado fino, aumenta la resistencia a la compresión de todas las muestras. Después de este porcentaje, se observa que la resistencia disminuye respecto a la muestra patrón (adición 20% de viruta de acero respecto al agregado fino).



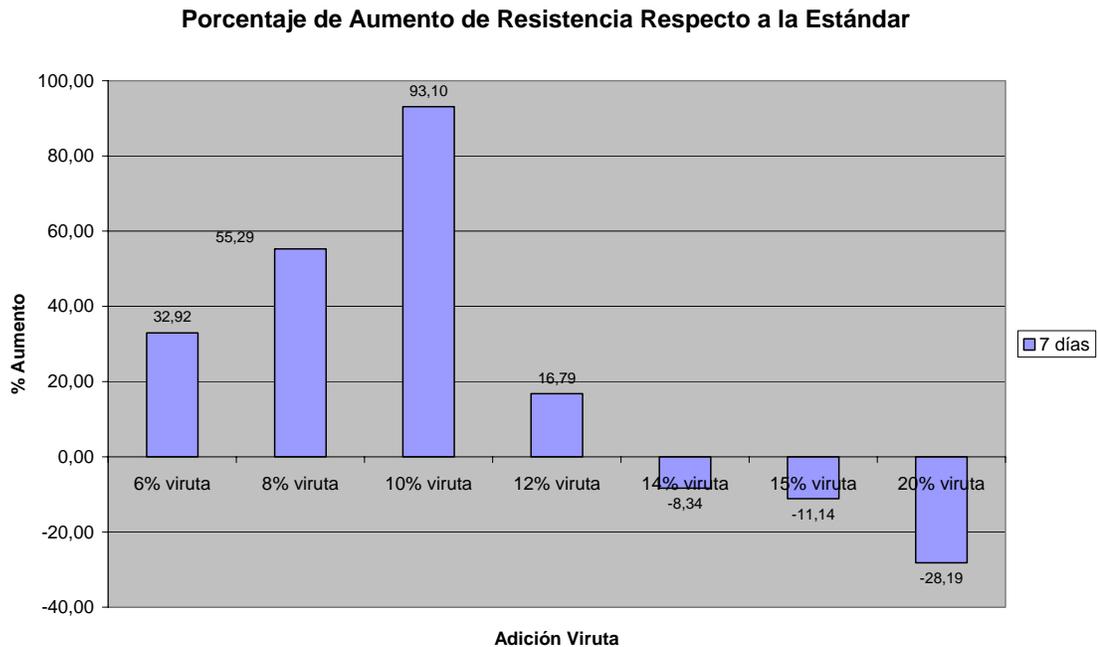
Fuente: Propia

Figura 15. Comportamiento de la Resistencia Promedio a una edad de tres (3) días.

8.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS MUESTRAS A LOS SIETE (7) DÍAS DE ENSAYADAS.

Si se comparan los resultados de los siete días respecto a los tres días los porcentajes del 6% al 10% aumentaron sus resistencias considerablemente siendo muy superiores a las demás. La muestra del 12% y 14% disminuyeron 1.46% y 2.66% respectivamente, según los resultados obtenidos de todas las investigaciones realizadas y observando las gráficas el porcentaje del 10% es la muestra que mejor se comporta al aumentar su resistencia un 20% respecto a las demás. A continuación se puede observar la gráfica del

porcentaje de aumento de resistencia respecto a la muestra estándar a los siete días.



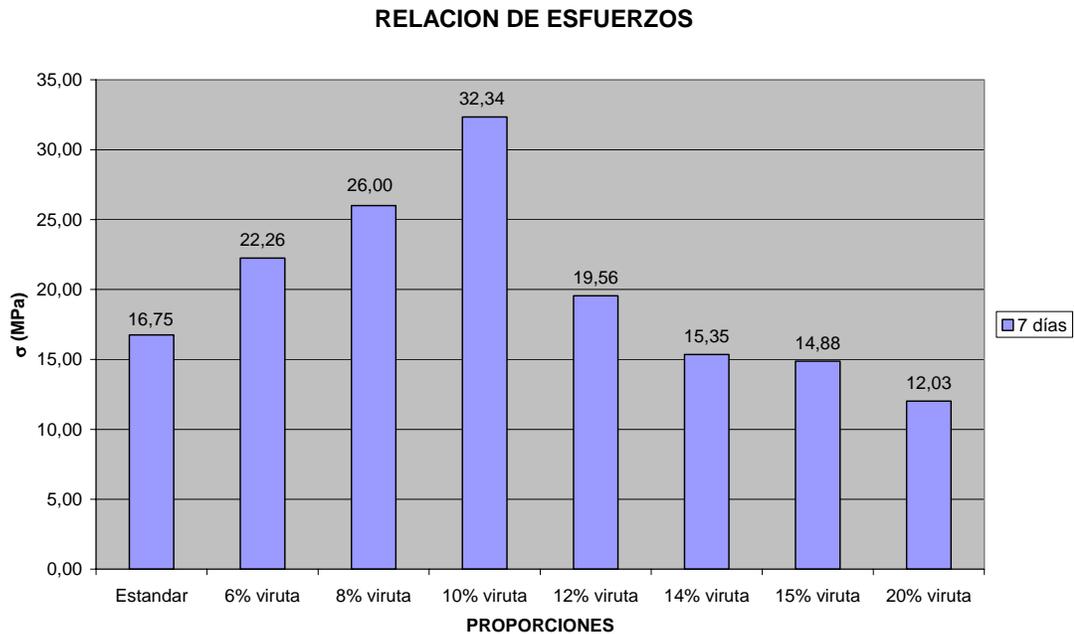
Fuente: Propia

Figura 16. Porcentaje de aumento de resistencia respecto a la muestra estándar siete (7) días

Cuando se desarrollo el promedio de las muestras probadas a los siete días se observo que el comportamiento de la muestra del 12% y 14% de adición de viruta disminuyeron sus resistencias respecto a los tres días.

El comportamiento de la muestra promedio que mejor se comportó fue la del 10%, ya que aumentó su resistencia 4.06% respecto a la muestra de los tres días, las muestras del 6% y 8% también aumentó su resistencia mientras que los demás porcentajes fueron inferiores a estas.

A continuación se muestra el comportamiento de los promedios para las muestras de los siete días.



Fuente: Propia

Figura 17. Comportamiento de la Resistencia Promedio a una edad de siete (7) días

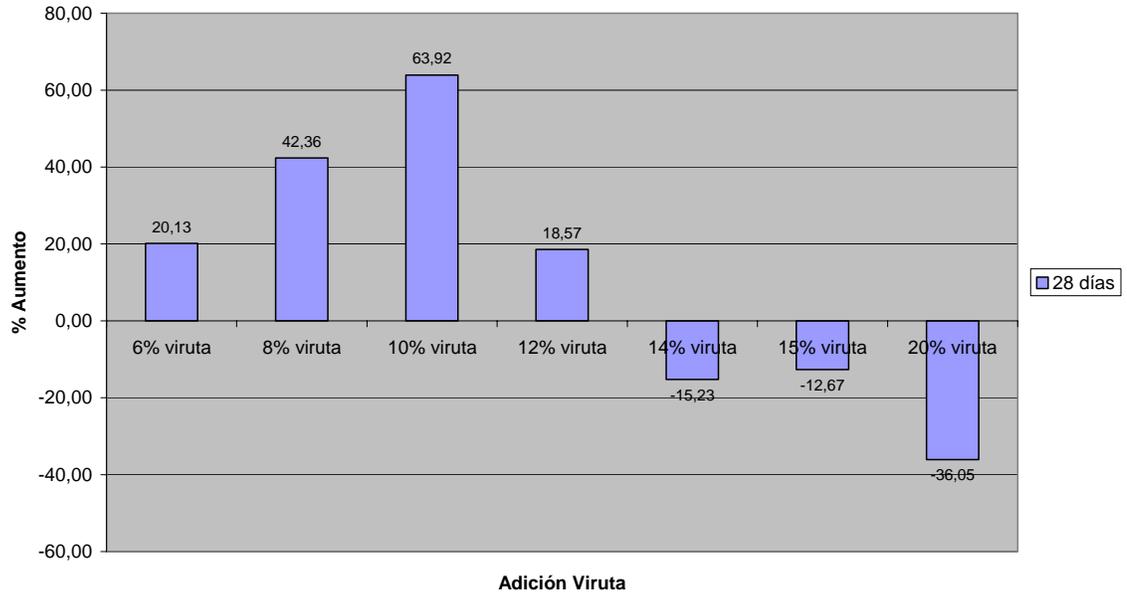
8.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS MUESTRAS A LOS VEINTIOCHO (28) DÍAS DE ENSAYADAS.

La muestra del 12% de adición de viruta, se comportó de una manera normal ya que aumentó su resistencia respecto a los siete días, además de aumentar su propia resistencia también aumento su porcentaje de aumento de resistencia respecto a la estándar en 18.57%.

La muestra del 10% de adición de viruta que venía trabajando con una resistencia superior a las demás no tuvo un comportamiento normal respecto a los siete días, ya que presentó una resistencia del 63.92%.

El comportamiento de resistencia promedio a la edad de veintiocho días todos los porcentajes aumentaron sus resistencia considerablemente respecto a la muestra probada a los siete días, a continuación se observan las gráficas en donde se tiene el aumento de resistencia respecto a la estándar y el comportamiento de resistencia promedio a esta edad.

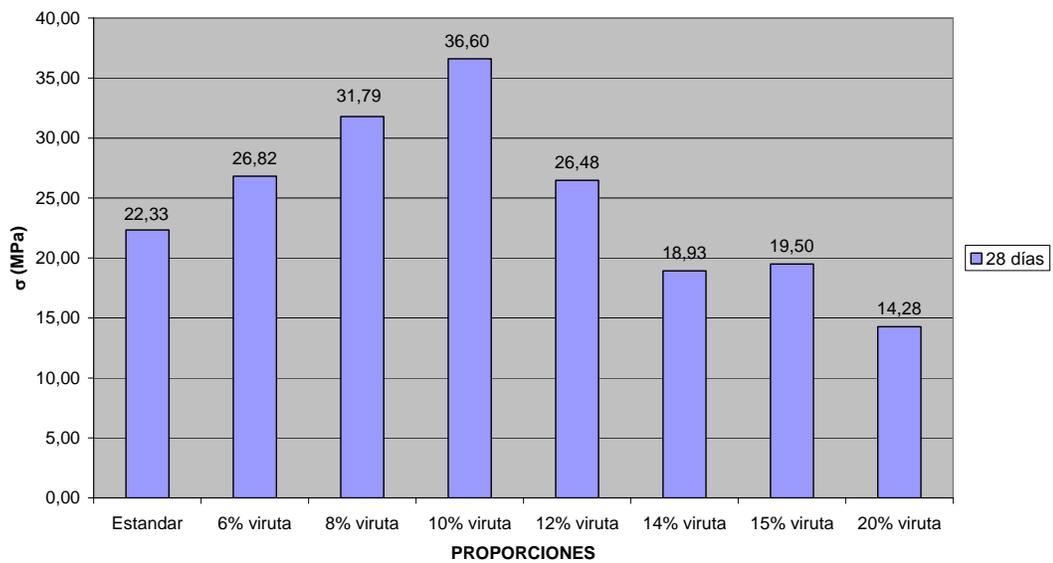
Porcentaje de Aumento de Resistencia Respecto a la Estándar



Fuente: Propia

Figura 18. Porcentaje de aumento de resistencia respecto a la muestra estándar veintiocho (28) días

RELACION DE ESFUERZOS



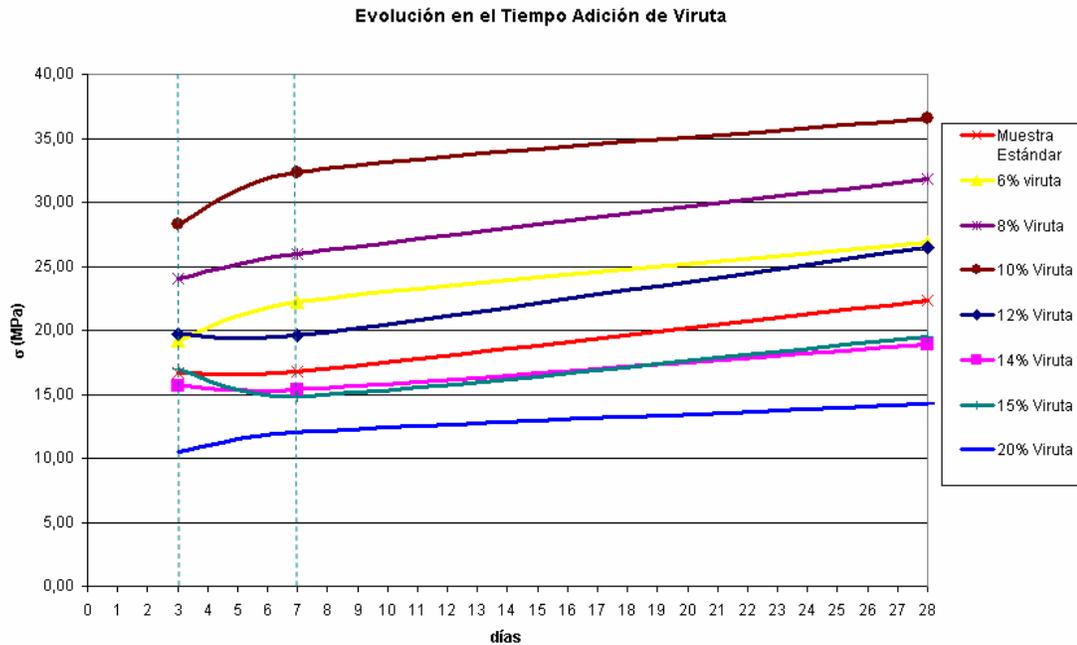
Fuente: Propia

Figura 19. Comportamiento de la Resistencia Promedio a una edad de veintiocho(28) días

8.4. COMPORTAMIENTO GENERAL EN EL TIEMPO DE LAS MUESTRAS ESTÁNDAR Y CON ADICIÓN DE VIRUTA DE ACERO RESPECTO AL AGREGADO FINO DE LA MEZCLA.

En esta grafica se representa el comportamiento de todas las muestras de concreto en el tiempo respecto al agregado fino y se nota que en los porcentajes del 6% al 12% los esfuerzos son superiores respecto a la muestra patrón, como se puede ver el 10% es la muestra que mejor se comporta en el tiempo, la muestra del 12% disminuye su resistencia con el paso de los días.

Las muestras del 14% al 20% fueron las que mas se les adiciono viruta de acero y su comportamiento en el tiempo fue inesperado, las muestras del 14% y 15% de adición de viruta se comportaron muy parecido con respecto al tiempo, a continuación se observa la gráfica del comportamiento de las muestras de concreto en el tiempo.



Fuente: Propia

Figura 20. Comportamiento de las Muestras de Concreto en el Tiempo.

9. CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados que se obtuvieron de todas las investigaciones realizadas de porcentajes de adición de viruta (6%, 8%, 10%, 12%, 14%, 15% y 20%) se concluye que a los tres días la muestra del 10% es superior a todas las demás, a los siete y veintiocho días las muestras del 6% al 10% aumentaron sus esfuerzos a compresión y disminuyeron las muestras del 12% al 20% respecto a la muestra patrón.
- Se observó que el porcentaje de aumento de resistencia respecto a la estándar, la muestra del 12% disminuyó 1.46% a los siete días y aumento 1.78% a los veintiocho días, la muestra del 14% disminuía su resistencia a compresión notablemente a medida que pasaban los días.
- Analizando todos los porcentajes de aumento de resistencia respecto a la estándar se observó que a los siete días los porcentajes del 6% al 10% de adición de viruta aumentaban su resistencia y disminuían los porcentajes del 12% al 20% respecto a los tres días, a los veintiocho días disminuyeron todos los porcentajes de adición de viruta de acero menos la del 12% que aumento 1.78% respecto a los siete días.
- Analizando la evolución en el tiempo de adición de viruta se nota que los porcentajes del 6% al 12%, los esfuerzos son superiores que el esfuerzo de la muestra estándar y los porcentajes del 14% al 20% los esfuerzos son inferiores a los esfuerzos de la muestra estándar, la muestra del 14% y 15% son muy similares ya que la cantidad de materiales de la mezcla que se utilizaron son los mismos y el porcentaje del 10% es notablemente el que mejor se comporta como aditivo al concreto.
- De acuerdo a todos los resultados obtenidos de todas las investigaciones realizadas se concluye que los porcentajes de adición de viruta del 6% al 10% respecto al agregado fino tienen una alta resistencia a la compresión mientras que los demás porcentajes se les adicionó más viruta y su resistencia estuvo por debajo de lo esperado.
- Se concluyó que los porcentajes de adición de viruta del 12% y 14% respecto al agregado fino no son los más óptimos, mientras que las muestras del 6% al 10% sus resultados fueron superiores en todas las edades.

10. RECOMENDACIONES

- Se necesita que se realice una limpieza paulatina de la viruta, ya que este material se lava con jabón industrial y por su entorno contiene grasas y aceites que son difíciles de quitar, para mejorar las condiciones físicas de los cilindros y los resultados a compresión de este.
- La viruta puede ser utilizada en otros tipos de proyectos como en la cimentación de pozos petroleros y losas de concreto para innovar los agregados de los materiales en la mezcla ya que generan un mejor resultado en su resistencia a compresión.
- Se necesita incentivar el manejo de materias primas, para la minimización de residuos, reciclaje y manejo apropiado del medio ambiente.
- Se recomienda el uso de la viruta para los materiales como losas de concreto y algún tipo de muros.
- Cuando se esta realizando una construcción y se necesita resultado en poco tiempo es recomendable utilizar este tipo de concreto por sus buenas condiciones de resistencia a la compresión a tempranas edades.

11. BIBLIOGRAFÍA

García Caro, Raúl. Roa Zarate Javier Fernando. Diseño De Mezclas De Concreto Con Adición De Microsílica Y Superplastificante para obtener Alta Resistencia A Compresión. Pág. 8. Tesis para optar al título de ingeniero Civil Universidad Industrial de Santander.

NTC 121. Especificaciones físicas y mecánicas

NTC 174. Especificaciones de los agregados para concreto.

Sánchez de Guzmán, Diego. Tecnología de Concreto y del Mortero. Biblioteca de la Construcción.

Díaz Posada, Maria Claudia. Elaboración de contenido virtual de la asignatura Materiales de Construcción apoyado en el software Learning Space. Director: Ing. Álvaro Real Rey. Tesis de Grado para optar al título de ingeniero civil. UPB Seccional Bucaramanga.

Llamas Retamoso, Claudia. Apuntes de clase en la asignatura Materiales de Construcción.

Martínez Barrera, Johan Ever. Villamizar Navas Eduardo 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.

Instituto de Ingeniería UNAM. Manual de Tecnología del Concreto. Editorial Limusa.

Sánchez de Guzmán Diego. Tecnología del Concreto y del Mortero

Las siguientes son las consultas a Internet desarrolladas en este trabajo de grado:

http://www.diariosur.es/prensa/20060809/malaga/clinker_20060809.html

<http://www.construaprende.com>

<http://www.monografias.com/trabajos14/maq-herramienta/maq-herramienta>

<http://www.construaprende.com/t/02/T2Pg3.php>