ANÁLISIS DE LA RESPUESTA MECÁNICA DEL CONCRETO HIDRÁULICO PARA PAVIMENTOS MODIFICADOS CON FIBRAS DE BEJUCO.

HEIMY TATIANA MARROQUIN ALBADAN

MIGUEL FELIPE LOPEZ CASTRO

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

SECCIONAL ALTO MAGDALENA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN APLICADA

GIRARDOT- CUNDINAMARCA

ANÁLISIS DE LA RESPUESTA MECÁNICA DEL CONCRETO HIDRÁULICO PARA PAVIMENTOS MODIFICADOS CON FIBRAS DE BEJUCO.

HEIMY TATIANA MARROQUIN ALBADAN

MIGUEL FELIPE LOPEZ CASTRO

DIRECTOR

MSC.JULIAN ANDRES PULECIO DIAZ

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

SECCIONAL ALTO MAGDALENA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN APLICADA

GIRARDOT- CUNDINAMARCA

NOTA DE ACEPTACIÓN

_____

_____

_____

_____

_____

Firma del presidente del jurado

_____

Firma del jurado

_____

Firma del jurado

Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Ing. Julián Andrés Pulecio Díaz, Nuestro profesor de seminario y director de proyecto, quien nos aportó su tiempo y conocimiento para el desarrollo de esta investigación.

A Concretos la Floresta y principalmente a la Ing. Mónica Sánchez, por su gran colaboración, ya que gracias a ella tuvimos toda la materia prima y los elementos esenciales para la elaboración de toda esta investigación.

A el laboratorista de Concretos la Floresta José Cervera, quien dedico parte de su tiempo, aporto toda su experiencia y conocimiento para poder ejecutar correctamente los ensayos que se realizaron.

Contents

Agradecimientos V

Lista de figuras IX

Lista de tablas XII

Resumen XIV

Abstract XV

Introducción 1

Problema De La Investigación 3

Justificación 4

Objetivos 5

Objetivo general 5

Objetivos específicos 5

Marco De Antecedentes 6

Marco Teórico-Conceptual 9

Marco Contextual 27

Limitación geográfica 27

Limitación temporal 29

Limitación técnica 29

Diseño Metodológico 31

Materiales usados para la elaboración del concreto 31

Obtención de la fibra 31

Numero de especímenes 34

Ensayos realizados 35

Ensayo de contenido de agua 35

Ensayos de granulometría 36

Ensayo de asentamiento 37

Ensayo de contenido de aire. 40

Ensayo de temperatura 42

Ensayo resistencia a la flexión, utilizando una viga simple cargada en sus tercios medios .. 43

Ensayo resistencia a la compresión de cilindros de concreto 45

Realización de la mezcla 47

Equipos utilizados para la realización de las mezclas. 47

Moldes 49

Diseño De La Mezcla 53

Resultados 55

Resultados ensayos absorción de agregados grueso, fino y gravedad especifica del cemento 55

Resultado ensayo de contenido de humedad 56

Resultado de ensayos contenido de aire. 56

Resultado ensayo de temperatura 56

Resultado ensayo de Asentamiento 57

Resultados ensayo de granulometría de agregado fino 58

Resultados ensayos de granulometría agregado grueso 59

Resultados de fallos a flexión de las vigas 60

Resultados para fallos a compresión de los cilindros 62

Costos y recursos 66

Conclusiones 67

Recomendaciones 69

Bibliography 70

Lista de figuras

Figura 1.Fibra de bejuco en uso de artesanía (LIANRES, GALEANO, GARCIA, & FIGUEROA, 2008)..... 7

Figura 2. Instalación de concreto hidráulico (EL HERALDO , 2016)..... 11

Figura 3. Agregado grueso(grava) (GRUPO ARGOS, s.f.)..... 13

Figura 4. Agregado fino (arena) (GRUPO ARGOS, s.f.) 14

Figura 5. Cemento gris. (HEIDELBERGCEMENT GROUP, 2014)..... 16

Figura 6. Esquema de la ubicación del agua en la pasta de cemento hidratado. (GUZMAN, 2001) 17

Figura 7. Aplicando aditivo al concreto. (SIKA, 2013) 22

Figura 8.Diferentes tipos de macrofibras. (SIKA) 23

Figura 9. Microfibras (SIKA)..... 23

Figura 10. Tipos de pavimento. (CARDENAS, AREVALO, & POVEDA, 2009) 25

Figura 11. corte transversal de pavimento flexible. (GIORDANI & LEONE) 25

Figura 12. Corte transversal de pavimento rígido. (GIORDANI & LEONE) 26

Figura 13. Corte transversal pavimento semirrígido. (SANDOVAL, 2011) 26

Figura 14. Vista satelital de Girardot. (GOOGLE , s.f.)..... 27

Figura 15. Ruta a la planta de concretos la floresta. (GOOGLE , s.f.)..... 28

Figura 16. vista satelital de concretera la floresta (GOOGLE, s.f.) 28

Figura 17. Ruta al arbolito. (GOOGLE , s.f.)..... 29

Figura 18.Planta de Bejuco, en el sector del arbolito. (propiedad de los autores) 32

Figura 19.Bejuco recién cortado. (propiedad de los autores) 33

Figura 20. Tiras de bejuco. (propiedad de los autores) 33

Figura 21. Fibras de bejuco en el procesador de alimentos. (propiedad de los autores)..... 34

Figura 22. Ensayo de contenido de agua. (propiedad de los autores)..... 36

Figura 23. Molde para ensayo de asentamiento (cono de Abrams). (ICONTEC, 1992) 38

Figura 24. Ensayo de asentamiento. (propiedad de los autores) 39

Figura 25. Medidor tipo B (INVIAS) 41

Figura 26. Ensayo de contenido de aire. (propiedad de los autores) 42

Figura 27. Ensayo de temperatura. (propiedad de los autores) 43

Figura 28. Vista frontal del aparato para determinar la resistencia a la flexión. (ICONTEC, 2004) 44

Figura 29. Fallo de vigueta. (propiedad de los autores) 45

Figura 30. Fallo de cilindro. (propiedad de los autores) 46

Figura 31. Equipos usados en la realización de la mezcla. (propiedad de los autores) 48

Figura 32. Proceso de mezclado. (propiedad de los autores) 49

Figura 33. Moldes para cilindros. (propiedad de los autores) 49

Figura 34. moldes para viguetas. (propiedad de los autores) 50

Figura 35. Vaciado de vigas y cilindros. (propiedad de los autores) 51

Figura 36. Desmoldado de cilindro. (propiedad de los autores) 52

Figura 37. Resultado de ensayo de contenido de aire. (propiedad de los autores) 56

Figura 38. Resultado de ensayo de temperatura. (propiedad del autor) 57

Figura 39. Grafica de granulometría de agregados gruesos. 58

Figura 40. Grafica de granulometría de agregados gruesos 59

Figura 41 Grafica comparativa de resultados del fallo de los Vigas. (propiedad de los autores) 61

Figura 42.Curva de mayor tendencia para módulo de rotura, comparada con la obtenida con mezcla convencional. (propiedad de los autores) 62

Figura 43. Grafica comparativa de resultados del fallo de los cilindros. (propiedad de los autores) 63

Figura 44. Curva de mayor tendencia ensayo para resistencia a la compresión, comparada con la obtenida con mezcla convencional. (propiedad de los autores) 64

Figura 45. MR (módulo de rotura) Vs f´c (resistencia a la compresión). (propiedad de los autores) 64

Figura 46. Curva de mayor tendencia MR Vs f´c, comparada con los resultados de la mezcla convencional. (propiedad de los autores) 65

Lista de tablas

Tabla 1. Clasificación de los agregados según su tamaño (GUZMAN, 2001)..... 12

Tabla 2.Valores típicos de las principales propiedades de los diferentes tipos de cemento portland. (GUZMAN, 2001)..... 16

Tabla 3. Tolerancias de concentraciones de impurezas en el agua de mezclas. (LOPEZ, 2003). 19

Tabla 4.Efectos negativos sobre el concreto si se superan valores límites permisibles de sustancias en el agua. (RIVERA)..... 20

Tabla 5. tipos de mezcla realizadas. (propiedad de los autores)..... 34

Tabla 6. Tabla de tolerancia para fallos a compresión. (ICONTEC, 2000)..... 46

Tabla 7. Requisitos para varilla compactadora. (ICONTEC, 2000)..... 48

Tabla 8. Diseño para un metro cubico($1m^3$) de concreto. (propiedad de los autores)..... 53

Tabla 9. Diseño de concreto con 0.3% de fibra. Dimensionado para el trompo de 48lt. (propiedad de los autores)..... 54

Tabla 10. diseño de concreto con 0.5% de fibra. Dimensionado para el trompo de 48lt. (propiedad de los autores)..... 54

Tabla 11. Diseño de concreto con 0.7% de fibra. Dimensionado para el trompo de 48lt. (propiedad de los autores)..... 55

Tabla 12. Ensayos absorcion de agregados (fino y grueso) y gravedad especifica. (CONCRETOS LA FLORESTA)..... 55

Tabla 13. Resultados ensayo de humedad. (propiedad de los autores)..... 56

Tabla 14. Resultados de ensayo de asentamiento. (propiedad de los autores)..... 57

Tabla 15. Resultados de ensayo de granulometría agregado fino. (propiedad de los autores)..... 58

Tabla 16. Resultados ensayos de granulometría agregado grueso. (propiedad de los autores).... 59

Tabla 17. Resultados de fallos concreto convencional. 60

Tabla 18. Resultados de fallos de concreto con 3% de fibra de bejuco. 60

Tabla 19. Resultados de fallos de concreto con 5% de fibra de bejuco 60

Tabla 20. Resultados de fallos de concreto con 7% de fibra de bejuco 61

Tabla 22. Resultados de los fallos a la compresión de los cilindros del concreto convencional.. 62

Tabla 23. Resultados de los fallos a la compresión de los cilindros con adición de 0.3% de fibra. 62

Tabla 24. Resultados de los fallos a la compresión de los cilindros con adición de 0.5% de fibra. 63

Tabla 25. Resultados de los fallos a la compresión de los cilindros con adición de 0.7% de fibra 63

Resumen

El presente trabajo, Análisis de la respuesta mecánica del concreto hidráulico para pavimentos modificados con fibras de bejuco. Para optar el título de ingeniero civil de la universidad piloto de Colombia. Tiene como fin determinar y analizar las propiedades mecánicas (compresión y flexión) de un concreto hidráulico adicionando fibras de bejuco. Para este trabajo se llevaron a cabo una serie de ensayos de laboratorio con el fin de comparar los concretos propuestos con un concreto convencional, esto para conocer qué tan viable puede ser el uso de concretos con fibras de bejuco. Para esto se elaboraron 6 cilindros y 6 viguetas con concreto hidráulico convencional y 18 cilindros agregando fibras divididos de la siguiente manera 6 con el 0.3%, 6 con el 0.5% y 6 con el 0.7% de fibras, también se elaboraron de 18 vigas con fibras de bejuco distribuidas de la misma manera. Se realiza sus respectivos ensayos en las edades 7, 14, 28.

Como resultado de los ensayos se encontró que los cilindros con el 0.3% de fibra generaban mayor módulo de rotura que el convencional, mientras que en las vigas aquellas realizadas con 0.5% de fibra presentaron resultados más altos que las vigas realizadas con concreto convencional.

Abstract

Mechanical response analysis of hydraulic concrete for modified pavement with bejuco fibers. To opt for the Civil engineer degree from the Colombia pilot University. It's aimed to determine and analyze the mechanical properties (compression and flexion) of a hydraulic concrete adding bejuco fibers. For this task they conducted a series of laboratory trials with the purpose to compare the proposed concretes with a conventional, thus to determine how viable bejuco fiber concrete can be. For these 6 cylinders and 6 joists with conventional hydraulic concrete were elaborated and 18 cylinders adding fibers divided in the following form 6 with 0.3%, 6 with 0.5% and 0.7% of fibers. Also 18 beams were elaborated with bejuco fibers and distributed the same way. They withstand their respective test at ages 7,14,28.

As a result, from the trials it was determined that cylinders with 0.3% of fiber generate major modulus of rupture than the conventional, while the beams built with 0.5% of fiber presented higher results in comparison to the beams built with conventional concrete.

Introducción

Una de las grandes contrariedades para el ser humano es que la mayor parte de las actividades económicas generan grandes impactos ambientales; la construcción no es ajena a este problema, para lidiar con esto se han generado el método conocido como construcción sostenible la cual puede ser definida como "aquella que teniendo especial respeto y compromiso con el medio ambiente, implica el uso eficiente de la energía y del agua, los recursos y materiales no perjudiciales para el medioambiente" (RAMIREZ, 2002, pág. 31). Esta resulta más saludable y reduce los impactos ambientales generados en obra.

En conocimiento de las necesidades ambientales poco a poco se han generado nuevas tecnologías que nos permiten aumentar la eficiencia de los materiales usados en la construcción como lo hacen los aditivos en los morteros o en los concretos. En aras de generar un concreto hidráulico de alta calidad, con posibles mayores módulos de rotura y resistencia a la compresión, disminuyendo el agrietamiento y la apertura de las fisuras (Silva, 2018), se ha implementado el uso de distintos tipos de fibras como las metálicas, estas fibras son de acero, sintéticas como Acrílico, Aramid, Carbón, Polipropileno, Poliestireno, Nylon, Poliéster o fibras naturales extraídas de plantas (SIKA)

En la siguiente investigación de tipo monográfica, se tomarán las fibras de la planta conocida como bejuco, para ser adicionadas al concreto hidráulico esto con motivo de evaluar su comportamiento y verificar si genera algún cambio en la mezcla.

En esta monografía como primera instancia se encontrará una recopilación de información que resultará importante para contextualizar el tema que estaremos trabajando, también se proporciona

los conceptos de palabras clave para el proyecto; para la realización de los ensayos en laboratorio se ha tenido en cuenta las normas y/o procesos que rigen la realización de estos, estas se encontraran anexadas y debidamente referenciadas, en la parte final del proyecto se encuentra la información recabada en el laboratorio y en base a esta se darán las conclusiones y respuestas a los objetivos planteados en este trabajo.

Problema De La Investigación

La necesidad de encontrar materiales que permitan tener una mayor eficiencia en el área de la construcción, ha abierto un gran campo investigativo en el que multitud de flora se ha puesto en la balanza para constatar si pueden ser una opción, sustituto o adición al área de la construcción, en los concretos no es la excepción; tomando así una de las plantas más proliferas de Colombia, “capaz de establecerse desde las selvas de climas cálidos hasta las selvas alto-andinas, desde el interior de las selvas hasta claros en regeneración, matorrales, sitios alterados, bordes de caminos y carreteras, cercas y aún bardas y construcciones” (LINARES, 2001), se escoge el bejuco para realizar la siguiente investigación en la cual se usará este como parte de la mezcla del concreto hidráulico, así esperando resolver una pregunta clave ¿Qué tan viable es utilizar fibra de bejuco como aditivo en el concreto hidráulico?

Justificación

El uso de la planta de tipo parasitario en la investigación de nuevos métodos de realización de concretos hidráulicos, puede ayudar a controlar la sobrepoblación de esta especie, la cual genera problemas a los árboles que utiliza como huésped entre los que se cuentan: daño al fuste (tronco), disminución a la tasa de crecimiento, supresión a la regeneración de los árboles en claros de aprovechamiento (PUTZ, 1984), (CLARK & CLARK, 1990) (SALICRUP, 2001) y reducción de producción de frutos (STEVENS, 1987). Así mismo, los bejucos conectan las copas de los arboles entre sí, provocando la caída por arrastre de plantas vecinas durante el aprovechamiento (PARREN, 2001). Con esta investigación se busca generar un avance en la utilización de fibras de bejuco, para generar una idea del comportamiento y a la resistencia de este al momento de implementarlo como una adición al concreto hidráulico; Un segundo motivo para hacer uso de la planta de bejuco es la de tratar de innovar, ya que la fecha de la realización de la presente monografía no se ha encontrado antecedentes de la utilización de esta fibra como una adición al concreto.

Objetivos

Objetivo general

- Evaluar la viabilidad del uso de las fibras de bejuco como parte del concreto hidráulico.

Objetivos específicos

- Analizar las cualidades de la planta de bejuco.
- Determinar cuál es la posible cantidad de fibra natural para generar mayor módulo de rotura y resistencia a la compresión.
- Comparar los resultados de módulo de rotura y resistencia a la comprensión generados por el concreto hidráulico alterado con los de concretos hidráulicos convencionales

Marco De Antecedentes

El ser humano desde el principio de su existencia se ha visto ligado a la naturaleza, ya que, ha sido parte fundamental de nuestro triunfo como especie, usar lo que hemos obtenido de esta, hoy en día esto se ve a menor medida ya que pasamos de ser para la naturaleza un ser simbiótico, el cual colabora con la misma para obtener el bienestar mutuo, a ser un parasito que poco a poco la consume hasta agotarla.

El uso de materiales de coste bajo y alta durabilidad ha llevado a buscar nuevas formas de producción.

> las plantas han sido y son una enorme fuente de recursos materiales renovables de los que se obtienen maderas, fibras, tintes, gomas y fitoquímicos para complementar las necesidades básicas de alimentación y cobijo. La fabricación de construcciones, la elaboración de textiles, el tejido de cestería y cordelería, la elaboración de perfumes, tintes o pegamentos, entre otros cientos de productos y artefactos, han contribuido a formar una identidad cultural homogénea en muchos grupos humanos que viven en climas tropicales, templados y boreales. (MANUAL & TORRE, 2008, pág. 86)

En antiguas civilización se usaban fibras para reforzar materiales como, la paja la cual se usaba como refuerzo para los adobes de arcilla, esta ayudaba a reducir la tensión por el secado y reducir el agrietamiento. (ALVARADO C. A., 2002). En la era moderna el asbesto comenzó a ser utilizado frecuentemente en muchos países. La industria de la construcción uso a gran escala las fibras minerales de asbesto en una matriz de cemento. (STUDINKA, 1989) esto fue así hasta que el asbesto fue clasificado como un cancerígeno humano reconocido (sustancia que causa cáncer) por el Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos (HHS), por la Oficina de Protección Ambiental (EPA) y por la Oficina Internacional para la Investigación del Cáncer

(IARC)[1]. Esto fue uno de los puntos que han llevado a la investigación de nuevos materiales, que presentaran resultados óptimos.

El bejuco como material en el campo de la construcción es parcialmente desconocido, pero en otros como el artesanal y medicinal suele ser más usado como por ejemplo en la elaboración de un té para tratar el reumatismo, ronquera, asma infecciones de garganta, bronquitis… (TUASAUDE, s.f.) incluso algunas especies de bejuco son "esenciales en el tratamiento de enfermedades tropicales como la malaria el cólera y picaduras venenosas" (DUARTE, EL ESPECTADOR, 2012). en el campo artesanal, después de realizar los procesos de ripiado (retirado de la parte superficial de la planta) y secado, con este se elaboran canastos charolas e incluso sombreros. (SALAZAR, 2013).

Figura 1.Fibra de bejuco en uso de artesanía (LIANRES, GALEANO, GARCIA, & FIGUEROA, 2008)

[1] Este information es respaldada por: Agency for Toxic Substance and Disease Registry (2001), National Toxicology Program (2016), U.S. Environmental Protection Agency (1984), IARC Working Group on The Evaluation of Carci+nogenic Risk to Humans. (2009)

El bejuco como material de construcción, es poco conocido ya que la población que suele darle uso son la campesina y la indígena en la poco mencionada construcción natural, la que es llevada a cabo haciendo uso de materiales disponibles en la zona (ORELLANA, 2016). El bejuco es principalmente usado en esta técnica como material de unión, gracias su fuerza y flexibilidad.

Este clase de trabajos en los que son adicionados materiales de tipo natural a las mezclas de concreto hidráulico, esperando encontrar cambios positivos en el desempeño del concreto o buscar materiales que permiten remplazar otros, ejemplos de lo dicho anteriormente son trabajos como los realizado con fibra de lechuguilla, en el cual encontraron que la propiedades físico mecánicas y su resistencia a la compresión les permite ser un posible refuerzo en el concreto y que su adición como macro fibras en pequeñas proporciones a la mezcla le dan la capacidad de soportar mayores cargas a flexión en comparación con el concreto simple. (ALVARADO & LOPEZ, 2002) . Un segundo ejemplo de éxito en este campo investigativo podemos verlo en lo llevado a cabo con fibras de cáñamo, en la cual usaron fibras con longitudes entre los 4cm y 5 cm por hilo, en este fueron encontrados resultados positivos al encontrar que con respecto al concreto normal el cual fallaba en su totalidad, el de las fibras de cáñamo no llego a esto ya que las fibras generaron mayor tenacidad en el concreto evitando que este se desprendiera. (ROJAS & CORREDOR, 2016)

Marco Teórico-Conceptual

El punto final de la realización de esta monografía, es el análisis de la información obtenida de los laboratorios realizados. Por tanto, tengamos en cuenta el significado de **análisis** el cual de una manera superficial es el Estudio detallado de algo, Distinción y separación de las partes de algo para conocer su composición. (RAE, 2018). En significados un poco más extensos se conoce como análisis " una exploración objetiva y concienzuda de algún hecho o dato, descomponiéndolo para su estudio o valoración" (SISTEMAS MASTER MAGAZINE, s.f.) otros puntos de vista dicen que el análisis es "un desmenuzamiento de un todo, que se descompone en partes con el fin de poder ser abordado en estudio" (DEFINICION, 2013) otros lo toman como "todo acto que se realiza con el propósito de estudiar, ponderar, valorar y concluir respecto de un objeto, persona o condición." (BEMBIBRE, 2009) según Armandol (2012) para realizar un buen análisis es necesario tener en cuenta algunos puntos clave:

- Estudiar la situación: realizar preguntas que se puedan presentar del objeto a evaluar.
- Distinguir lo relevante de los irrelevante: cuando obtengamos cierta cantidad de información debemos distinguir cual servirá para nuestro objetivo y cuál debe ser descartada.
- Realizar deducciones lógicas: de la información recabada se deben generar algunas hipótesis.
- Procesar datos para obtener información: es el punto en cual debemos sustentar nuestras afirmaciones. Es necesario para no caer en supuestos.

En consideración con lo anterior definimos que un análisis, es el proceso mediante el cual se estudia las partes de un objeto de investigación y cuyo fin es generara respuestas a las incógnitas que se tengan, estas deben ser sustentables.

El punto de análisis es la respuesta mecánica del concreto a la modificación del mismo con fibras, por tanto, es necesario conocer qué **respuesta** es definido como lo que sucede tras un estímulo o una pregunta (DECONCEPTOS, 2017) y **mecánica** como la rama de la física que estudia los movimiento de los cuerpos sometidos a una fuerza (PORTO, 2019), esta se encuentra dividida en clásica, cuántica, relativista y la teoría cuántica de campos. La más conocida y aplicada a los objetos perceptibles es la mecánica clásica la cual a su vez se encuentra divida en:

- Mecánica de solidos rígidos: esta se encuentra subdividida en estática y dinámica, la primera aplicando a los objetos en reposo y la segunda a los sólidos en movimiento. Esta parte del estudio de la mecánica para solidos perfectamente rígidos. (EcuRed, 2015)
- Mecánica de solidos deformables: esta nos habla de que todas las estructuras y maquinas no son absolutamente rígida y que a causa de cargas aplicadas a estas se generan deformaciones, pero estas son demasiado pequeñas para afectar de manera relevante las condiciones de equilibrio o movimiento. (EcuRed, 2015)
- Mecánica de fluidos: esta se encarga de estudiar el movimiento de los líquidos y gases y las fuerzas que los provocan. (EcuRed, 2013)

Por tanto, se puede determinar qué respuesta mecánica hace referencia a los cambios efectuados en un elemento en este caso el concreto hidráulico cuando es sometido a una fuerza.

Conociendo lo que se pretende realizar, pasaremos a conocer a analizar lo que es el **concreto hidráulico** el cual es definido como:

Mezcla de agregados, naturales, procesados o artificiales, cemento y agua, a la que además se le puede agregar algunos aditivos; esta mezcla debe ser dosificada en masa o en volumen. Como su nombre lo dice, básicamente son pavimentos construidos en concreto, especialmente diseñados para soportar esfuerzos a flexión. (SAC-VISA, 2018).

Figura 2. Instalación de concreto hidráulico (EL HERALDO , 2016)

Para dar mayor comprensión a lo que es el concreto hidráulico, se deben conocer las partes que le componen como lo son los agregados, cemento, agua y aditivos.

Se conocen como **agregados** a los materiales granulares de origen natural o de un proceso de trituración (GRUPO ARGOS, s.f.), estos pueden ser desde partículas casi invisibles hasta pedazos de piedra (HOLCIM, s.f.) estos constituyen entre el 65% y el 85% del volumen total del Concreto; el 95% de las mezclas asfálticas (GRUPO ARGOS, s.f.) dependiendo su tamaño puede ser clasificado como agregados gruesos o gravas y finos o arenas.

España y Molina (2013) definen a los agregados como:

> Aquellos materiales inertes, de forma granular, naturales o artificiales, que aglomerados por el cemento portland en presencia de agua forman un todo compacto (piedra artificial), conocido como mortero o concreto.
> Como agregados de las mezclas de mortero o concreto se pueden considerar, todos aquellos materiales que, teniendo una resistencia propia suficiente, no perturben ni afecten desfavorablemente las propiedades y características de las mezclas y garanticen una adherencia suficiente con la pasta endurecida del cemento portland.

Los agregados pueden ser clasificados según su tamaño, Martines y Panqueva (2009) hablan de la distribución de los materiales y dicen:

> Los agregados se clasifican en agregado grueso y agregado fino, fijando un valor superior a tamiz No. 4 (4.76 mm) para el agregado grueso, y un valor de tamaño entre tamiz No. 4 (4.76 mm) y tamiz No. 200 (0.074 mm) para el fino o arena. Frecuentemente, la fracción de agregado grueso es subdividida en dos intervalos, tales como, tamiz No. ¾" (19.1 mm) a tamiz No. 4 (4.76 mm) para la gravilla y de tamiz No. ¾" (19.1 mm) a tamiz No 2" (50,8 mm) para la grava.

TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS EN MM (TAMIZ)	DENOMINACIÓN CORRIENTE	CLASIFICACIÓN COMO AGREGADO PARA CONCRETO	CLASIFICACIÓN COMO AGREGADO PARA CONCRETO
Inferior a 0.002 Entre 0.002 – 0.07 (No. 200)	Arcilla Limo	Fracción muy fina	No recomendable
Entre 0.074 – 4.76 (No. 200) – (No. 4)	Arena	Agregado fino	Material apto para producir concreto
Entre 4.76 – 19.1 (No. 4) - (3/4") Entre 19.1 – 50.8 (3/4") - (2") Entre 50.8 – 152.4 (2") - (6") Superior a 152.4 (6")	Gravilla Grava Piedra Rajón Piedra rajón	Agregado grueso	

Tabla 1. Clasificación de los agregados según su tamaño (GUZMAN, 2001)

Los materiales (rocas) clasificados por su tamaño entre 4.9 mm y 38 mm son los conocidos como grava (GRUPO ARGOS, s.f.), el **agregado grueso** es el material con mayor proporción en las mezclas de concreto, de este depende en gran parte la resistencia del concreto. (ESPAÑA & MOLINA, 2013)

Figura 3. Agregado grueso(grava) (GRUPO ARGOS, s.f.)

España y Molina (2013) nos presentan un listado con las propiedades del agregado grueso.

- La granulometría debe ser bien gradada, la ausencia de tamaños produce segregación.
- El tamaño máximo se debe adaptar a las condiciones de la estructura y de los elementos estructurales
- El agregado no debe ser de forma plana ni alargada ya que este tipo de material no se acomoda de la mejor manera al momento de ser vaciado dejando cavidades que afectan la resistencia.
- La densidad debe estar entre 2.3 -2.9 gr/cm^3; en la medida que esta aumente aumentara la resistencia.
- La absorción debe oscilar entre 1% y 5%. No deben contener arcillas no partículas deleznables.
- El contenido de finos se debe limitar a un valor entre el 1% y 3%. Para que haya una buena adherencia entre el agregado y el cemento.
- El desgaste en la máquina de los ángeles debe ser menor del 35% para pavimentos rígidos y menor del 40% para estructuras.
- La sanidad o sea el ensayo de ataque de los sulfatos debe ser menor del 12% empleando el sulfato de sodio y si se emplea sulfato de magnesio debe ser menor del 18%.

El segundo de los componentes es el **agregado fino** (arenas), su clasifica por tamaño se encuentra entre 0.074mm y 4.75mm (GRUPO ARGOS, s.f.) también funciona como lubricante sobre el que ruedan los agregados gruesos dándole manejabilidad al concreto.

La falta de arena se podrá ver reflejada en asperezas en la mezcla, pero de haber exceso de esta se requerirá de mayor cantidad de agua para producir un asentamiento determinado y debido a la relación agua cemente se tendría que agregar más de este para conservar la relación.

Figura 4. Agregado fino (arena) (GRUPO ARGOS, s.f.)

Libia Gutiérrez de López (2003), nos habla de la característica que deben tener los agregados finos:

- Al igual que los agregados gruesos los finos deben pasar por un proceso correcto de gradado, para que pueda llegar a llenar todos los vacíos y producir mezclas más compactas.
- El agregado fino que pasa por los tamices 50 y 100 pueden alterar la eficiencia de lograr buenos acabados, la manejabilidad, la textura superficial y la exudación del concreto. Las especificaciones permiten que el porcentaje que pasa por el tamiz No. 50 esté entre el 10 y

30%; se recomienda el límite inferior cuando la colocación es fácil o cuando los acabados se hacen mecánicamente, como en los pavimentos, sin embargo, en los pisos de concretos acabados a mano, o cuando se desea una textura superficial tersa, deberá usarse un agregado fino que pase cuando menos el 15% el tamiz 50 y 3% el tamiz No. 100.

- Para la elaboración de mezcla de concreto el módulo de finura debe estar entre 2.3 y 31 para evitar la segregación del agregado si la arena es muy fina, pero si la arena es muy gruesa se obtendrán mezclas.
- La presencia de materia orgánica en la arena que va a utilizarse en la mezcla de concreto llega a interrumpir parcial o totalmente el proceso de fraguado del cemento.

Hoy en día **el cemento**, es el material más usado alrededor mundo en obra tanto así que es considerados indispensable. Es por excelencia el pegante más barato y versátil. Gracias a sus propiedades físicas y mecánicas son aprovechad es aprovechado en multitud de usos. Este es el elemento activo en una mezcla de concreto o de mortero. (GUZMAN, 2001)

El cemento ha sido usado desde hace mucho tiempo, los egipcios, griegos y romanos hacían uso del yeso el cual obtenían de la cal común el cual era producido al calcinar piedra caliza, y la cal hidratada la cual era piedra caliza con impurezas de arcilla. Los griegos y los romanos hicieron uso de ceniza volcánica mezclada con cal, dicha combinación adquiría consistencia en presencia de agua, esto era llamado Puzolanas (LOPEZ, 2003).

Se define el cemento como material de aglutinamiento que presenta materiales de adherencia y cohesión, que permiten la unión de fragmentos minerales entre si formando un todo compacto. (CEMENTOS TEQUENDAMA , 2017).

El cemento que se utiliza para producir concreto es el cemento portland, el cual se obtiene al pulverizador el Clinker con adición de yeso.

Figura 5. Cemento gris. (HEIDELBERGCEMENT GROUP, 2014)

En su página web UMACON describe según el tipo el cemento portland:

Tipo 1 - Se trata de un cemento normal y se obtiene tras mezclar el Clinker con el yeso. Se usa generalmente en las obras de ingeniería.
Tipo 2 - Nos encontramos ante un cemento modificado. Su acción es moderada a la resistencia de los sulfatos y es conveniente emplearlo cuando demandamos calor un tanto moderado de hidratación. Dicho cemento va adquiriendo resistencia con más lentitud que el nombrado anteriormente, finalmente lo iguala y, por lo tanto, obtiene la misma resistencia. Es empleado frecuentemente en alcantarillados, tubos y zonas industriales.
Tipo 3 - Tal cemento consta de una elevada resistencia inicial y es tremendamente recomendable cuando necesitamos una resistencia acelerada. En un caso en concreto y en lo que a la construcción se refiere. El hormigón Portland realizado con el cemento tipo 3 aumentará increíblemente la resistencia al compararlo con el tipo 1 y el 2. Hay que tener presente que el cemento tipo 3 incrementa la resistencia inicial a niveles muy altos.
Tipo 4 - Tiene un bajo calor de hidratación y tal suceso se consigue si limitamos los compuestos que más pueden influir, es decir, C3A y C3S. Dicho cemento gana resistencia lentamente. Se utiliza habitualmente en grandes obras, presas y túneles.
Tipo 5 - Una de las características del cemento Portland tipo 5 es su resistencia a la acción de los sulfatos, por tanto, lo emplearemos en estructuras hidráulicas y plataformas marinas. ¿Cómo lograremos la resistencia al sulfato? Lógicamente al minimizar el contenido C3A, ya que dicho compuesto es muy susceptible a lo que se refiere al sulfato.

Cemento	Composición química en %				Finura Blaine cm^2/g	Resistencia a la compresión		
	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF		1 día	28 días	90 días
Tipo I	48	27	12	8	min 2800	100	100	100
Tipo II	40	35	5	13	min 2800	75	90	100
Tipo III	62	13	9	8	max 4000	190	100	100
Tipo IV	25	50	5	12	min 2800	55	75	100
Tipo V	38	37	4	9	min 2800	65	85	100

Tabla 2.Valores típicos de las principales propiedades de los diferentes tipos de cemento portland. (GUZMAN, 2001)

El agua es una de las partes fundamentales del concreto, esta cumple ciertas funciones, permitir la hidratación del cemento y hacer la mezcla manejable. (RIVERA) esta además genera la reacción química en el cemento que le da la propiedad de fraguar y endurecer para formar un sólido único con los agregados. (GUZMAN, 2001).

> Para cada cuantía de cemento existe una cantidad de agua del total de la agregada que se requiere para la hidratación del cemento; el resto del agua sólo sirve para aumentar la fluidez de la pasta para que cumpla la función de lubricante de los agregados y se pueda obtener la manejabilidad adecuada de las mezclas frescas. El agua adicional es una masa que queda dentro de la mezcla y cuando se fragua el concreto, va a crear porosidad, lo que reduce la resistencia, razón por la que cuando se requiera una mezcla bastante fluida no debe lograrse su fluidez con agua, sino agregando aditivos plastificantes. (LOPEZ, 2003)

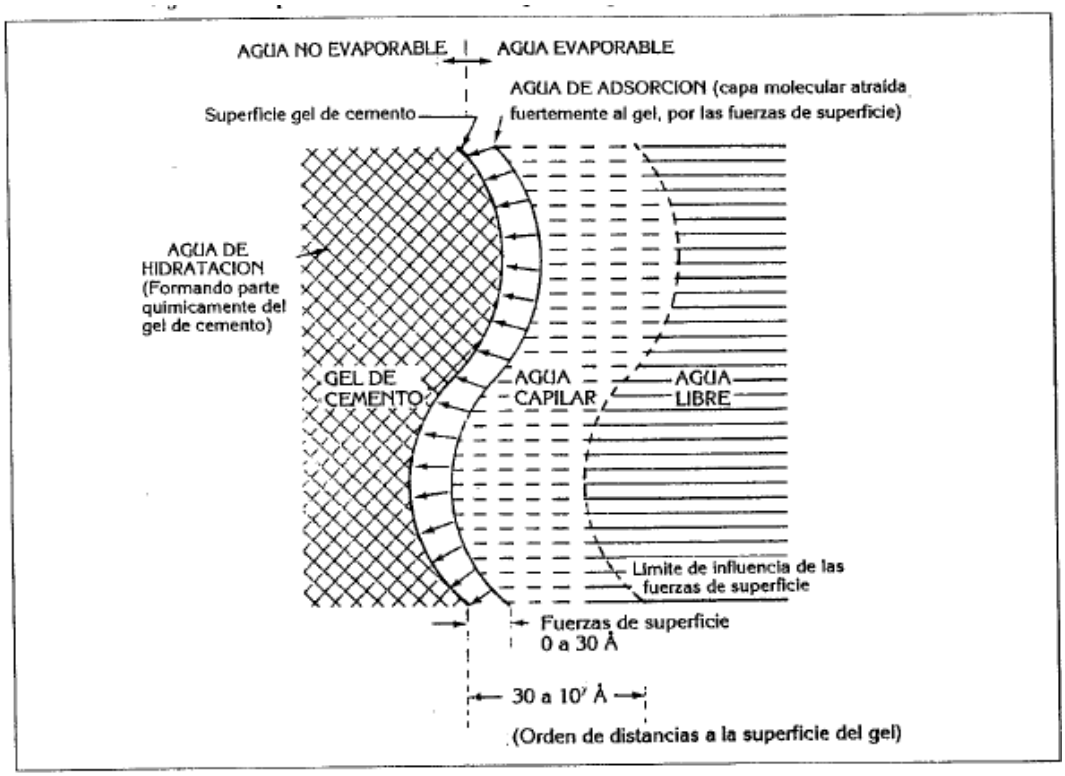

Figura 6. Esquema de la ubicación del agua en la pasta de cemento hidratado. (GUZMAN, 2001)

El agua puede ser extraída de fuentes naturales si no se cuenta con redes de acueducto, pero estas deben encontrarse libres de sustancia como aceites, ácidos, sustancias alcalinas y materias

orgánicas. (LOPEZ, 2003). cuando el agua es extraída de un pozo es necesario analizarla para comprobar que el pH no varié atreves del tiempo. (ROJAS & CORREDOR, 2016) “toda agua no potable o de dudosa calidad, debe hacerse con ella cubos de mortero, estos deben tener a los 7 y 28 días un 90% de la resistencia de los morteros que se preparan con agua potable” (LOPEZ, 2003).

Existe la creencia de que toda agua que sea apta para el consumo humano es viable para hacer uso en el concreto, esto puede ser discrepado ya que algunos acueducto o plantas de tratamiento de agua, hacen uso de sustancias que pueden interferir con el fraguado del cemento, pueden generar corrosión o manchar el concreto, tales como, sulfatos de aluminio, cloro, flúor, azucares, etc. (ROJAS & CORREDOR, 2016)

López (2003) nos habla de las sustancias que se puede encontrar en el agua para uso del concreto y que pueden llegar a incidir en la calidad de este.

- Las aguas que contengan menos de 2.000 p.p.m. de sólidos disueltos generalmente son aptas para hacer concretos; si contiene más de esta cantidad deben ser ensayadas para determinar sus efectos-sobre la resistencia del concreto.
- Si se registra presencia de carbonatos y bicarbonatos de sodio o de potasio en el agua de la mezcla, estos pueden reaccionar con el cemento produciendo rápido fraguado; en altas concentraciones también disminuyen la resistencia del concreto.
- Un alto contenido de cloruros en el agua de mezclado puede producir corrosión en el acero de refuerzo o en los cables de tensionamiento de un concreto preesforzado.
- El agua que contenga hasta 10.000 p.p.m de sulfato de sodio puede ser usada sin problemas para el concreto.
- Las aguas ácidas con PH por debajo de 3 pueden crear problemas en el manejo y deben ser evitadas en lo posible.
- Cuando el agua contiene aceite mineral (petróleo) en concentraciones superiores a 2%, puede reducir la resistencia del concreto en un 20%.
- Cuando la salinidad del agua del mar es menor del 3.5%, se puede utilizar en concreto no reforzado y la resistencia del mismo disminuye en un 12%, pero si la salinidad aumenta al 5% la reducción en la resistencia es del 30%.

En la tabla No.4 aparecen las concentraciones de impurezas que pueden ser toleradas en las aguas de mezclas.

IMPUREZAS	MAXIMA CONCENTRACIÓN TOLERADA
Carbonatos de sodio y de potasio	1.000 ppm
Cloruro de sodio	20.000 ppm
Cloruro como Cl (concreto preesforzado)	500 ppm
Cloruro como Cl (concreto húmedo o con elemento de aluminio, metales similares o galvanizados)	1.000 ppm
Sulfato de sodio	10.000 ppm
Sulfato como SO4	3.000 ppm
Carbonatos de calcio y magnesio, como ión bicarbonato	400 ppm
Cloruro de magnesio	40.000 ppm
Sulfato de magnesio	25.000 ppm
Cloruro de calcio (por peso de cemento en el concreto)	2%
Sales de hierro	40.000 ppm
Yodato, fosfato, arsenato y borato de sodio	500 ppm
Sulfito de sodio	100 ppm
Acido sulfúrico y ácido clorhídrico	10.000 ppm
Ph	6 a 8
Hidróxido de sodio (por peso de cemento en el concreto)	0.5 %
Hidróxido de potasio (por peso del cemento en el concreto)	1.2 %
Azúcar	500 ppm
Partículas en suspensión	2.000 ppm
Aceite mineral (por peso del cemento en el concreto)	2%
Agua con algas	0
Materia orgánica	20 ppm
Agua de mar (concentración total de sales para concreto no reforzado)	35.000 ppm
Agua de mar para concreto reforzado o preesforzado	No recomendable

Tabla 3. Tolerancias de concentraciones de impurezas en el agua de mezclas. (LOPEZ, 2003)

En la tabla No.5 se observan los puntos del concreto los cuales pueden ser afectados y que los afecta si superan sus límites permitidos (X: causa efecto negativo; ---: no causa efecto negativo)

impurezas	fraguado	endurecimiento	corrosión	adherencia	expansión	aire incluido	hidratación
PH	X	X	----	----	----	----	----
sustancias solubles	X	X	X	X	----	----	----
sulfatos	X	X	X	X	X	----	----
cloruros	X	X	X	----	----	----	----
sustancias orgánicas solubles en eter	X	X	----	----	----	X	X

Tabla 4.Efectos negativos sobre el concreto si se superan valores límites permisibles de sustancias en el agua. (RIVERA)

El último de los ingredientes para la realización de un buen concreto son los aditivos.

Los aditivos se han visto presentes desde la época de los romanos, se sabe que los primeros en ser usados como tal fueron la sangre de toro y la clara de huevo, estos se utilizaron para mejorar las características de la mezcla en estado plástico. Poco después de la fabricación del cemento portland (1850) se usaron yeso crudo y el cloruro para lograr tiempos de fraguado más regulares (1875 a 1890) los albañiles franceses de la época añadían yeso vivo en el momento de mezclar el concreto. Los alemanes y franceses alrededor de 1985 usaron productos químicos con el fin de mejorar la plasticidad y en USA para producir concretos impermeables. (LOPEZ, 2003).

"En 1934 se comercializaron los plastificantes y los inclusores de aire en 1939, pero su utilización en Europa no empezó hasta después de la segunda guerra mundial en 1947. Los retardadores de fraguado no irrumpieron comercialmente hasta 1959". (LOPEZ, 2003)

> Aquellas sustancias o productos que, incorporados al hormigón, mortero o pasta, antes o durante el amasado, producen una modificación deseada de alguna de sus características, de sus propiedades habituales o de su comportamiento en dicho hormigón, mortero o pasta, en estado fresco y/o endurecido. (CRESPO & OSUNA, 2006)

También es definido como:

> Un material distinto del agua, agregados y cemento hidráulico usado como ingrediente en concretos y morteros añadido a la mezcla inmediatamente antes o durante su mezclado. se emplean para modificar las propiedades de modo que lo hagan más adecuado para condiciones de trabajo particulares. (LOPEZ, 2003)

Los aditivos son clasificados por su función y por su composición química. La Norma Técnico Colombiana (NTC) específicamente el impreso No.1299 de 2008 los clasifica de la siguiente forma.

> TIPO A: Aditivo plastificante: permite disminuir la cantidad de agua necesaria para obtener una determinada consistencia del hormigón.
> TIPO B: Aditivo retardador: retarda el fraguado del concreto.
> TIPO C: Aditivo acelerante: acelera tanto el fraguado como la resistencia del concreto a edades tempranas.
> TIPO D: Aditivo plastificante retardador: permite disminuir la cantidad de agua necesaria para obtener un concreto de una determinada resistencia y retardar su fraguado.
> TIPO E: Aditivo plastificante acelerador: permite disminuir la cantidad de agua necesaria para obtener un hormigón de determinada consistencia y acelerar tanto el fraguado como la resistencia a temprana edad.
> TIPO F: Aditivo reductor de agua de alto rango: Se llama también Superplastificante.
> TIPO G: Aditivos superplastificantes retardadores.

Figura 7. Aplicando aditivo al concreto. (SIKA, 2013)

Es importante tener en cuenta que el material usado no será el convencional ya que este estará modificado con fibras. Las fibras son definidas como pequeños filamentos de diferentes procedencias (RAE, 2018). Estas pueden ser clasificadas como macrofibras y microfibras.

El diámetro de las macrofibras oscila entre los 0.25mm y 1.5mm las longitudes pueden variar entre los 13mm y 70mm. Estas suelen estar echas de acero, vidrio, materiales, sintéticos o naturales, estas suelen usarcé como refuerzo distribuido en el espesor del elemento y orientado en cualquier dirección. Estas fibras suelen actuar como malla electrosoldada y varilla de refuerzo, incrementando la tenacidad del concreto y agregando al material capacidad de carga posterior al agrietamiento. (ASOCRETO Y SUBCOMITE DE FIBRAS ICONTEC, 2013)

Figura 8.Diferentes tipos de macrofibras. (SIKA)

las longitudes de las microfibras varían entre los 12 y los 75 mm, se dosifican en el concreto entre 0.6 Kg/m^3 y 1 Kg/m^3. Normalmente son fibras de plástico, polipropileno, polietileno, nylon, estas previenen la formación de fisuras durante la construcción y ayuda a reducir la segregación de la mezcla (ASOCRETO Y SUBCOMITE DE FIBRAS ICONTEC, 2013)

Figura 9. Microfibras (SIKA)

En este caso las fibras que serán utilizadas son las naturales, extraídas de plantas y árboles como coco, sisal, madera, caña de azúcar, yute, bambú (SIKA) es necesario aclarar que también se puede considerar fibras naturales a las vellosidades extraídas de animales (SILVA, 2018).

La fibra que será usada para esta investigación es la extraída del bejuco, la cual es una planta herbácea de tallos verdes y carnosos, esta suele nacer del suelo y trepan hasta lo más alto de los árboles, cuando llegan a lo mas alto es cuando comienza desplegar sus raíces que son las conocidas como bejuco, estas son altamente resistentes y sumamente flexibles estas también tienen la característica de ser altamente absorbente y aun en estado seco este es poco inflamables.

El uso que se propone para el concreto de esta monografía, es en **pavimento** por lo tanto es necesario saber que esto son, estructuras de comunicación terrestre, formadas por una o más capas, colocado sobre terreno acondicionado. (GIORDANI & LEONE)

Una definición más extensa de lo que son los pavimentos:

> El pavimento es una estructura vial que se construyen técnicamente formada por una o varias capas de materiales seleccionados que se construyen técnicamente sobre la subrasante y es capaz de resistir las cargas impuestas por el tránsito y la acción del medioambiente, así como transmitir al suelo de apoyo o fundación esfuerzos y deformaciones tolerables, además de proporcionar la circulación de los vehículos con rapidez, comodidad, seguridad y economía. (SANDOVAL, 2011)

Estructuralmente existen dos tipos de pavimentos, los flexibles y los rígidos, la diferencia entre estos es la forma en la que trasmiten las cargas a la subrasante, también difieren en su capa de rodamiento, por tanto, los pavimentos se pueden clasificar en tres grupos. (Ver Ilustración 9) (CARDENAS, AREVALO, & POVEDA, 2009)

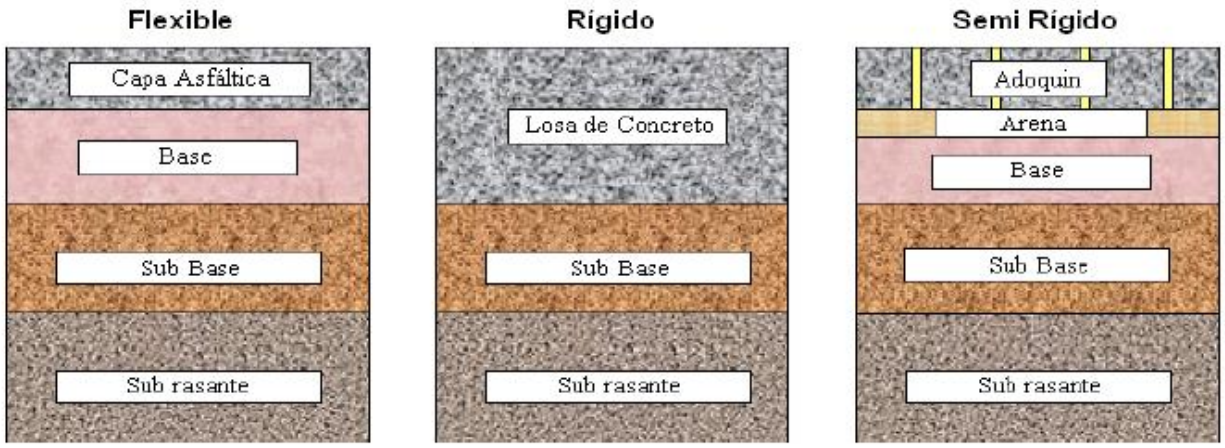

Figura 10. Tipos de pavimento. (CARDENAS, AREVALO, & POVEDA, 2009)

Los pavimentos flexibles son todos aquellos pavimentos que están formados por una capa delgada de mezcla asfáltica construida sobre una capa de base y una de sub-base que transmiten los esfuerzos al terreno de soporte o fundación mediante un mecanismo de disipación de tensión las cuales van disminuyendo con la profundidad. (CARDENAS, AREVALO, & POVEDA, 2009) (GIORDANI & LEONE)

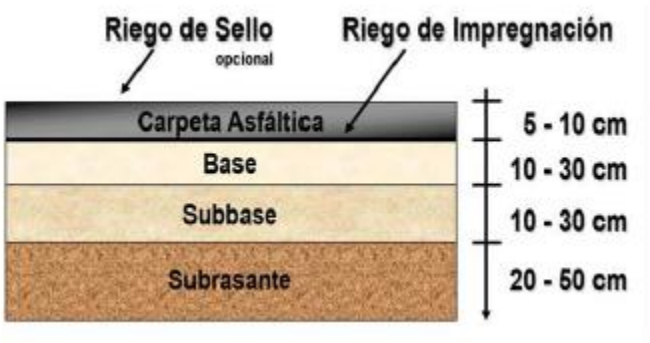

Figura 11. corte transversal de pavimento flexible. (GIORDANI & LEONE)

Los pavimentos rígidos están constituidos por una losa de concreto hidráulico de gran rigidez. Esta se encuentra apoyada sobre la subrasante o sobre una subbase, en esta clase de pavimento la

distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia. (CARDENAS, AREVALO, & POVEDA, 2009)

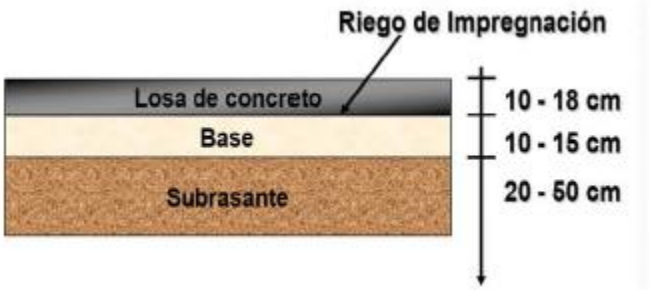

Figura 12. Corte transversal de pavimento rígido. (GIORDANI & LEONE)

Los pavimentos semirrígidos **“**son pavimentos flexibles en el cual algunas de sus capaz se la ha dado una rigidez alta, mediante tratamientos específicos con asfalto, cemento, cal u otros productos. La transmisión de esfuerzo se lleva por disipación y por repartición.” (SANDOVAL, 2011)

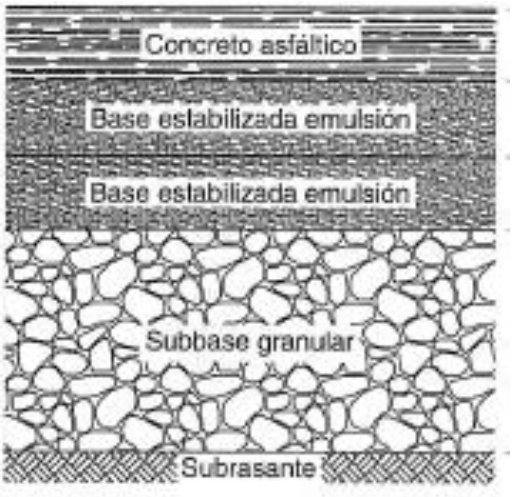

Figura 13. Corte transversal pavimento semirrígido. (SANDOVAL, 2011)

Marco Contextual

Limitación geográfica

Este trabajo es llevado a cabo en la Municipio de Girardot. Su ubicación geográfica es 4.18.18 Latitud Norte y 74.48.06 Longitud Oeste, se encuentra a 289 metros sobre el nivel del mar, con temperaturas entre los 29.3° C y los 38.3°, se encuentra 124 km de la capital “Bogotá”.

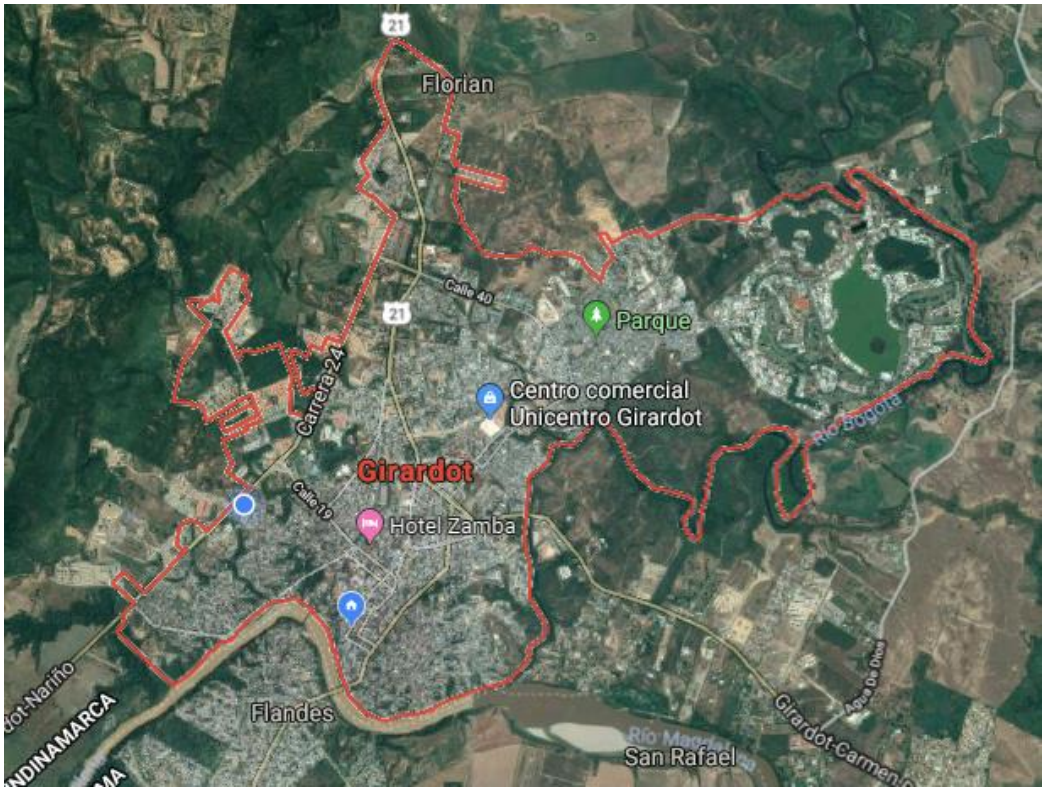

Figura 14. Vista satelital de Girardot. (GOOGLE , s.f.)

El trabajo práctico fue realizado Concretos la floresta que se encuentra en el Km 14 Vía Girardot – Melgar (CONCRETOS FLORESTA , 2018), entre sus alrededores cuenta con el municipio de Nilo Cundinamarca. Su principal actividad es la producción de todo tipo de concretos, así mismo controlan la producción de cada mezcla y de los agregados, contando con personal, maquinaria, laboratorios y transporte calificado para estas producciones. (CONCRETOS FLORESTA , 2018)

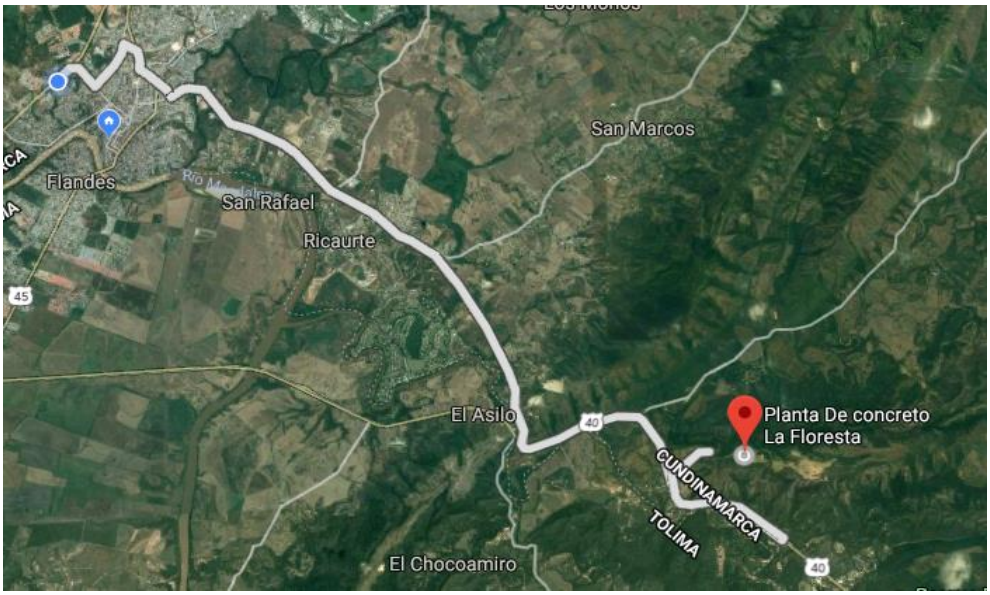

Figura 15. Ruta a la planta de concretos la floresta. (GOOGLE , s.f.)

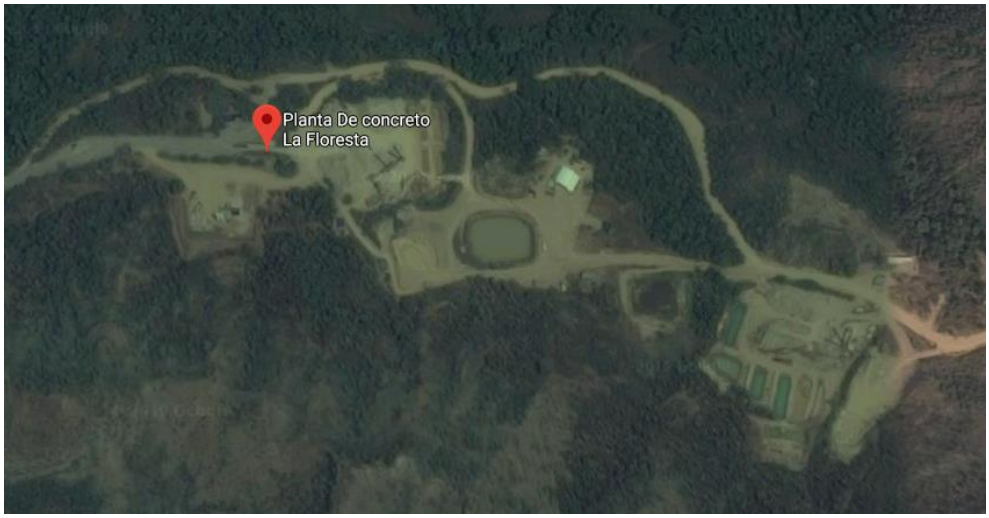

Figura 16. vista satelital de concretera la floresta (GOOGLE, s.f.)

Las plantas de bejuco usadas en la investigación fueron extraídas del sector conocido como el arbolito, este es un conocido mirador de la ciudad de Girardot

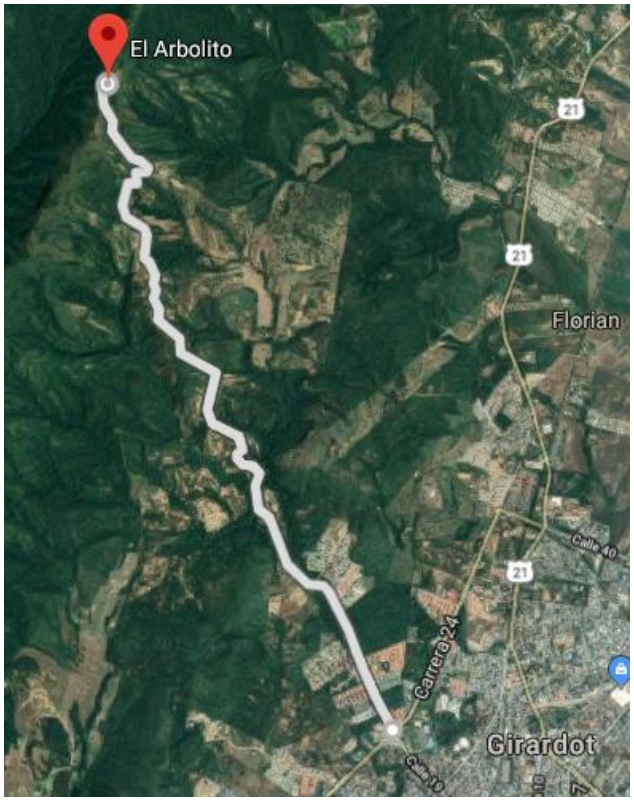

Figura 17. Ruta al arbolito. (GOOGLE , s.f.)

Limitación temporal

Este proyecto se lleva a cabo en un periodo de 58 días incluyendo el tiempo para la elaboración del ante proyecto, se realiza desde el inicio del mes de febrero hasta el día 30 del mes de marzo. Se tomaron los datos relevantes para generar este documento.

Limitación técnica

La principal limitación que se presenta en esta clase de investigación, es que se encuentran ligadas a las áreas geográficas donde se desenvuelven; esto aplica a los cambios que se puedan presentar debido a condiciones naturales como la temperatura, humedad, presión, etc., estas pueden generar cambios en el comportamiento de algunos materiales. Otras de las limitaciones

que se presentan son los materiales de construcción, la mano de obra para realizar el estudio, los procedimientos técnicos, Es necesario aclarar que estas también pueden estar ligadas al área donde se lleva a cabo la investigación.

Diseño Metodológico

Materiales usados para la elaboración del concreto

Para la realización del concreto se utilizó cemento portland tipo 3 o ART (Alta Resistencia Temprana) Cemex, Normas Icontec 121 y 321, la grava de 1 pulgada y la arena triturada fueron extraídos de la mina la colina, el agua se tomó de una fuente cercana la cual es apta para su uso en la mezcla ,ambas se encuentran ubicadas en la concretera la floresta (figura 16),se hizo uso de dos aditivos Isoflow (superplastificante) e Isoplast (plastificante) las fibras fueron extraídas de los bejucos que se pueden encontrar en el sector del arbolito (figura17).

Obtención de la fibra

Parte fundamental para la realización de este trabajo es la obtención del material primario, la fibra de bejuco, a pesar que la planta es muy común en el territorio nacional el uso de esta es bajo por tanto es irregular encontrar la planta procesada. Para la obtención de estas fibras se realizaron los siguientes procesos.

Figura 18.Planta de Bejuco, en el sector del arbolito. (propiedad de los autores)

Se cortaron aproximadamente 20 secciones de la planta de 1 metro cada una, para esto se hizo uso de un machete, para poder trabajar adecuadamente con el material fue necesario remover la corteza de este, el proceso entre los artesanos se conoce como ripiado o descascarado y se maneja una técnica que les permite realizarlo fácilmente, al no conocer cómo se realiza, se hizo uso de un cuchillo para remover la corteza.

Figura 19.Bejuco recién cortado. (propiedad de los autores)

El siguiente paso fue el de cortar pequeñas tiras de bejuco, se realizaron cortes a lo largo.

Figura 20. Tiras de bejuco. (propiedad de los autores)

Como último paso para obtener las fibras deseadas, se hizo uso de un procesador de alimentos en el cual se pusieron las tiras de bejuco y este se encargó de hacerlos más pequeños y finos.

Figura 21. Fibras de bejuco en el procesador de alimentos. (propiedad de los autores)

Numero de especímenes

Se realizaron 3 tipos de mezclas de concreto, excluyendo el convencional, la diferencia entre estos fue el porcentaje de fibra adicionado. Dichos porcentajes son 0,3%, 0,5% y 0,7%, para todas las mezclas se trabajó con el mismo diseño de concreto. Las fibras adicionadas se encontraban entre 1 y 2 cm de largo y 0.2 cm de ancho, estas fibras son altamente absorbentes y resistentes.

Mezcla N°	Volumen de fibra (%)
M1	0,3
M2	0,5
M3	0,7

Tabla 5. tipos de mezcla realizadas. (propiedad de los autores)

Para cada mezcla se elaboraron dos especímenes, cilindros y vigas, con estas se evaluaron las diferentes propiedades. Según la norma NTC 1377 numeral 4.5 deberían hacerse tres o más muestras para cada día de fallo. Pero debido a las cuestiones de tiempo y disponibilidad de las viguetas que se encontraban para el uso de los grupos de trabajo se decidió solo realizarse 2 muestras por día. Se usarán las edades de 7, 14 y 28 tanto para los ensayos de compresión y los de flexión.

Ensayos realizados

Ensayo de contenido de agua

Equipos.

Los siguientes son los equipos que son usados según la I.N.V.E -122 – 07

Horno. Debe ser controlada termostáticamente y ser capaz de mantener una temperatura 110° ± 5°C.

Balanzas. Esta debe tener una precisión de ± 0.01g para muestras con 200 g o menos; y ± 0.01para muestras encima de los 200g.

Recipientes. Estos deben ser resistente a la corrosión y a cambios en su masa al ser sometida a calentamiento

Procedimiento.

- Se coloca la muestra húmeda en el recipiente y se procede a pesar se debe discriminar el peso del recipiente.
- El recipiente es colocado en el horno a 110° ± 5º C, el tiempo de secado puede variar dependiendo del material o de la cantidad de este.

- Cuando el material se encuentre seco se procede pesarse y la diferencia entre el primer peso (material húmedo) y el ultimo (material seco) se conocerá el contenido de agua en el lugar

Figura 22. Ensayo de contenido de agua. (propiedad de los autores)

Ensayos de granulometría

Equipos.

Balanzas. Para los agregados finos se requiere que pueda leer a partir 0.1g, mientras que para los agregados gruesos una lectura de aproximación de 0.5g.

Tamiz. Para la realización de este ensayo se hace uso de los tamices estipulados en las NTC 32, 174, 77 respectivamente para cada agregado (fino y grueso).

Horno. Se debe utilizar un horno de tamaño adecuado capaz de mantener una temperatura uniforme de 110°C ± 5°C. *(ICONTEC, 2007)*

Procedimiento.

Según la NTC 77 el procedimiento es

- Las muestres seleccionadas deben secarse a 110 °C ± 5 °C. hasta que este alcance una masa constante.
- Se deben seleccionar los tamaños adecuados de los tamices para proporcionar la información redundante. Cuando es agregado el material a los tamices se debe limitar la cantidad, para que cada partícula logre alcanzar las aberturas.
- Los tamices deben ser sostenidos sobre una mano ligeramente inclinada y se golpea la cara de estos de manera ascendente mientras se gira levemente.
- Se debe tomar la información obtenida del material tanto del material que pasa como el que es retenido

Ensayo de asentamiento.

Los siguientes equipos son los que indica la NTC 396 que se requieren para llevar acabo el ensayo de asentamiento y sus respectivas características.

Molde o cono de Abrams. El molde debe tener la forma superficial de un tronco de con, su base mayor debe ser de 203 mm ± 3.0 mm mientras que su base menor 102 mm ± 3.0mm de diámetro y su altura 305 mm ± 3.0mm. las bases deben ser abiertas paralelas entre sí y perpendiculares al eje del cono. El molde debe tener agarraderas y debe poder sujetado con los pies. (Ilustración 23 y 24).

Varilla compactadora. Debe ser de acero, totalmente lisa, cilíndrica con 16 mm de diámetro y 600 mm de longitud, la sección por la cual se compacta el material debe ser hemisférico de 16 mm de diámetro**.**

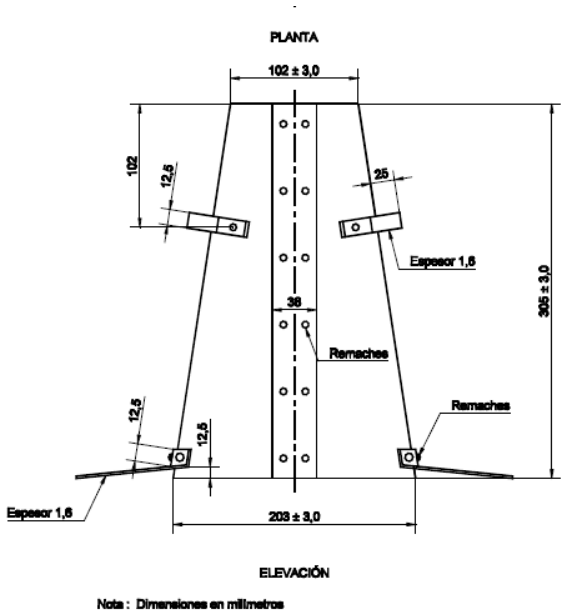

Figura 23. Molde para ensayo de asentamiento (cono de Abrams). (ICONTEC, 1992)

Procedimiento.

Según la NTC 396 el procedimiento a llevar es:

- Se debe humedecer el molde y colocarse sobre un superficie horizontal, húmeda y no absorbente. Debe sujetarse firmemente con los pies y llenarse entres capaz de un tercio del volumen del molde.
- Con la varilla compactadora deben realizarse 25 golpes por capa. Para la primera capa debe inclinarse ligeramente la varilla y avanzar con golpes verticales en forma de espiral, las capaz superior e intermedia debe compactarse de tal forma que la varilla penetre ligeramente la capa anterior.
- Al llenar la capa superior debe apilarse concreto antes de compactar, si al momento de hacerlo el material se asienta por debajo del borde debe agregarse concreto, ya que en todo momento debe haber una cantidad extra sobre el molde. Cuando se compacte la última

capa utilizamos la varilla de compactación para alisar a ras la superficie, Inmediatamente se levanta el molde a una distancia de 300 mm durante 5 seg ± 2 seg, en un movimiento uniforme hacia arriba. El proceso desde el llenado del molde hasta que se retira debe realizarse durante máximo 2 min, 30 s.

- Se debe determinar la diferencia entre la parte superior del molde y el centro desplazado de la superficie superior de la muestra que es donde se tomara la medida del asentamiento.

Figura 24. Ensayo de asentamiento. (propiedad de los autores)

Ensayo de contenido de aire.

Equipos.

Recipiente tipo B. Respecto a la norma I.N.V.E 406-07 Se hace uso del equipo B para la extracción de esta medida, este es un cilindro de acero, con una junta hermética, su rigidez debe ser suficiente para limitar el factor de expansión, el manómetro debe indicar el porcentaje de aire, la escala de graduación debe llegar por lo menos al 8 %.

Varilla de apisonado. Esta debe tener un diámetro de 16 mm y una longitud de 400 mm y con un extremo redondeado por el cual se realiza el apisonado.

M*aceta con cabeza de caucho.* También conocida como chapulín esta debe ser de 0.57 ± 0.23 kg g (1.25 ± 0.50 lb) para medidores de volumen < 14 dm^3 (0.5 $pies^3$) o de 1.02 ±0.23 kg (2.25 ± 0.50 lb) para medidores de volumen > 14 dm^3 (0.5 $pies^3$).

Procedimiento

Procedimiento dado por la norma I.N.V.E 406-07

- Se debe realizar 3 capas de concreto de volumen similar. Cada capa debe ser compactada por medio de 25 golpes de varilla distribuidos de manera uniforme, en la primera capa debe evitarse golpear el fondo mientras que en la capa intermedia superior la varilla debe penetrar 25mm la capa anterior. Después de apisonar cada capa se debe golpear suavemente los lados del recipiente de 10 a 15 veces
- Después de realizada la compactación se debe enrazar la superficie hasta que quede completamente lisa. Si es necesario se puede agregar un poco de mezcla para corregir cualquier deficiencia.

- Debe limpiarse los bordes del recipiente para obtener un cierre hermético, se ensambla el aparato, se cierra la válvula entre la cámara y el recipiente y se abren los dos grifos de la cubierta, se deja pasar agua por uno de los grifos hasta que el agua salga por el otro, se golpea suavemente la tapa del medidor para eliminar las burbujas atrapadas
- Se cierra la válvula de la cámara y se bombea aire hasta que el puntero del manómetro coincida con la línea de presión inicial. Después de que el aire comprimido llegue a una temperatura normal. Se debe estabilizar el puntero en la línea de presión inicial. Se cierran los grifos A y B, se abre la válvula que comunica la cámara de presión con el recipiente de medida. Se debe golpear vigorosamente el recipiente y se golpea suavemente el manómetro y se lee el porcentaje de aire.

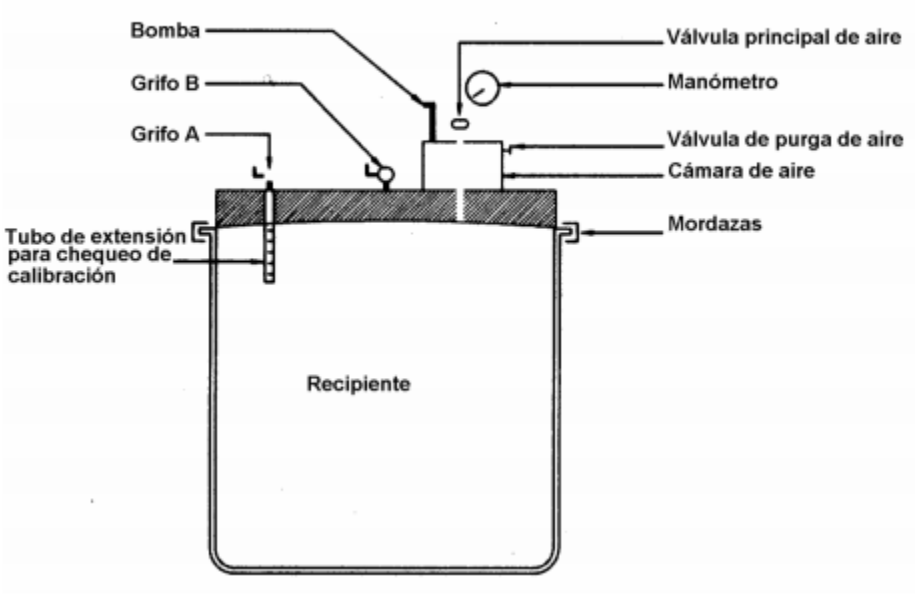

Figura 25. Medidor tipo B (INVIAS)

Figura 26. Ensayo de contenido de aire. (propiedad de los autores)

Ensayo de temperatura

Equipos.

Los siguientes equipos son los estipulados en la NTC 3357

Dispositivo para la medición de temperatura. Aquellos dispositivos que se pretendan emplear deben tener "±0,5 °C para el intervalo probable de temperatura que pueda presentarse en el concreto fresco. "Los termómetros que tengan un intervalo entre - 18 °C y 49 °C y que estén en conformidad con los requisitos del termómetro ASTM No.36 °C" *(ICONTEC, 1992)*, son aceptables para realizar el ensayo.

Recipiente. Debe ser de un material absorbente y debe ser lo suficientemente grande para que le material recubra el sensor del equipo medidor de temperatura.

Procedimiento

Este procedimiento se basa en el encontrado NTC 3357

Se ccoloca el dispositivo en el concreto fresco, asegurándose que el sensor que de sumergido por lo menos 75mm. Se debe presionar suavemente el concreto que se encuentro alrededor del concreto para que la temperatura ambiente no afecte el resultado. El dispositivo debe estar en el concreto como mínimo 2 minutos o hasta que la temperatura se estabilice, cuando esto suceda se toma el resultado.

Figura 27. Ensayo de temperatura. (propiedad de los autores)

Ensayo resistencia a la flexión, utilizando una viga simple cargada en sus tercios medios

Equipos.

El equipo a continuación mencionado es el que indica la NTC 2871 (2004) que debe ser usado para los fallos de flexión

Aparato de carga. La máquina debe cumplir los requisitos de verificación ASTM E 4. No se debe hacer uso de máquinas de operación manual ya que estos no aplican carga continua. Los equipos usados deben mantener constantes entre apoyos y la distancia entre los bloques de aplicación de carga.

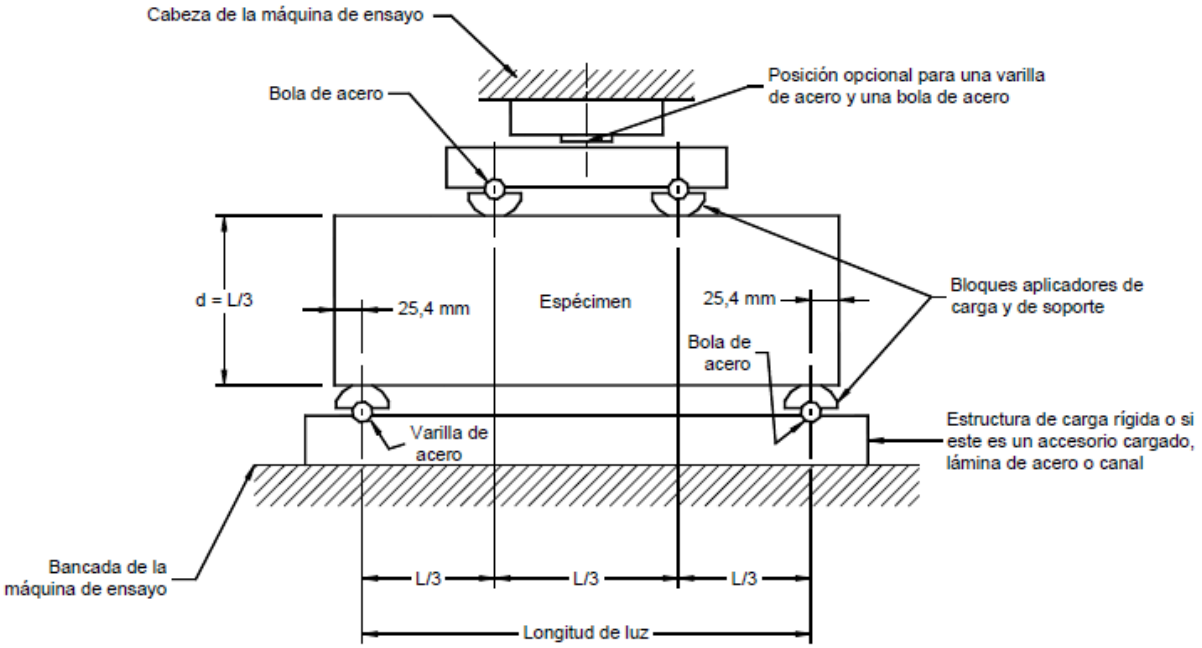

Figura 28. Vista frontal del aparato para determinar la resistencia a la flexión. (ICONTEC, 2004)

Procedimiento.

Este procedimiento se base en el descrito por la NTC 2871 (2004)

El ensayo debe ser realizado inmediatamente después de que se retiran las muestras de la pileta de curado. Las muestras deben ser centradas en sus tercios medios con las varillas de acero como lo muestra la figura 34. El espécimen debe ser cargado de manera constante y sin impactos, hasta el punto de rotura, la carga debe incrementar de manera uniforme entre 0,86 MPa/min y 1,21, MPa/mi

Figura 29. Fallo de vigueta. (propiedad de los autores)

Ensayo resistencia a la compresión de cilindros de concreto

Equipo

La información de la máquina de ensayo es tomada de la NTC 673

La máquina debe ser capaz de ejercer la carga de manera continua, la velocidad en que ejerce la carga debe ser la misma en todo momento, el porcentaje de error en las cargas no debe exceder ± 1,0%. Cuando algunos cilindros son quebrados estos suelen hacerlo de una manera violenta por lo tanto la maquina debe contar con una puerta de protección.

Procedimiento

El ensayo debe ser realizado en momento en el que los especímenes son retirados de la piscina de curado, estos deben mantenerse húmedos ya que en ese estado se debe hacer este ensayo. Se debe limpiar las caras del espécimen, se procede a poner este sobre los platos de la máquina, se alinea cuidadosamente con el centro de presión, se pone la maquina en funcionamiento hasta que ocurra el fallo en el cilindro

Es necesario aclarar que para las edades dadas hay un tiempo de tolerancia para realizar la prueba como se ve en la tabla 6.

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24 h	± 0,5 h ó 2,1%
3 d	2 h ó 2,8 %
7 d	6 h ó 3,6 %
28 d	20 h ó 3,0 %
90 d	2 d ó 2,2 %

Tabla 6. Tabla de tolerancia para fallos a compresión. (ICONTEC, 2000)

Figura 30. Fallo de cilindro. (propiedad de los autores)

Realización de la mezcla

Equipos utilizados para la realización de las mezclas.

Los siguientes equipos son los que estipula la norma NTC 550 que son o pueden ser usados en la elaboración mezclas

Mezcladora.

La mezcladora también conocida como trompo, usada para homogeneizar la mezcla de la investigación tiene una capacidad de 48 Litros, una sola velocidad de mezclado y funciona con energía eléctrica. (Ilustración 24)

Herramienta menor.

Elementos que se usaron para la elaboración del concreto que clasifican en esta categoría pala, palustres, guantes.

Martillo.

"Se debe usar un martillo con cabeza de cuero o de caucho con un peso aproximado de 0.6 Kg ± 0.2 Kg" (ICONTEC, 2000)

Recipientes de muestreo.

Para la realización de remezclado se debe disponer de una tabla plana, un recipiente metálico o una carretilla estas deben estar completamente limpia y no deben ser de material absorbente.

Balanza.

Las balanzas que sean usadas para medir la masa de las muestras deben estar debidamente calibradas, estas deben tener una precisión del 0.30%. Así lo recomienda la I.N.V.E - 402 – 07.

Varilla compactadora.

Debe ser de acero, completamente lisa y uno de sus extremos debe ser hemisférico, este será el extremo compactador el diámetro de esta es dado por la tabla 6. Para el caso de esta investigación de la varilla fue de 10mm de diámetro con una longitud de 300 mm y se dieron 25 golpes por capa.

	Dimensiones de la varilla		
Diámetro del cilindro, mm	**Diámetro de la varilla, mm**	**Longitud de la varilla, mm**	**Número de golpes/capa**
< 150	10	300	25
150	16	600	25
200	16	600	50
250 ó mayores	16	600	75

Tabla 7. Requisitos para varilla compactadora. (ICONTEC, 2000)

Figura 31. Equipos usados en la realización de la mezcla. (propiedad de los autores)

Figura 32. Proceso de mezclado. (propiedad de los autores)

Moldes.

Los cilindros los cuales fueron suministrados por concretos la floresta, tenían dimensiones de 4”x8” (10.16 cm por 20.32 cm relación de diámetro 1:2) y eran de material plástico y los moldes para las vigas fueron dadas en préstamo por parte de la universidad piloto estas tenían 5.90551” (15 cm) de alto, 20.4724” (52 cm) de largo 5.90551(15 cm) ancho y eran metálicas.

Figura 33. Moldes para cilindros. (propiedad de los autores)

Figura 34. moldes para viguetas. (propiedad de los autores)

Muestreo.

De acuerdo a la norma ASTM C3 y NTC 550, se realizó el proceso de preparación de la muestra representativa de concreto fresco, siguiendo los procedimientos normalizados para así poder llegar a su correspondiente curado (NRMCA), teniendo en cuenta que todas las camisas tanto de los cilindros como de las vigas estaban debidamente revisadas en sus superficies para así verificar que ninguna de ellas tuviera deformaciones y hendiduras, también que estas se encuentren debidamente limpias.

Procedimiento de vaciado de vigas y cilindros.

Según la norma ASTM C31 y la NTC 550, se debe utilizar los implementos y equipos necesarios como anteriormente fueron mencionados para su correspondiente elaboración, así mismo actuar de manera correcta en el vaciado de los especímenes llevando a cabo el siguiente orden:

- Colocar el molde sobre una superficie plana y libre de vibración.

- Introducir el concreto en el interior del molde, depositándolo con cuidado y así mismo asegurándose que su distribución este correcta.
- Llenar los moldes en tres capas de igual volumen, teniendo en cuenta que en cada capa del molde de los cilindros se debe penetrar con 25 veces y en el molde de las vigas a 56, por cada capa.
- Después de compactar cada capa, correspondientemente se debe golpear a los lados del molde ligeramente entre 10 a 15 veces con el mazo de goma para liberar las burbujas de aire que puedan estar atrapadas.
- Por último, enrasar el exceso de concreto con la varilla de compactación y con una llana metálica darle un buen acabado a la superficie.

Figura 35. Vaciado de vigas y cilindros. (propiedad de los autores)

Desmoldado

Tras el transcurso de 24 horas se procede a retirar los moldes de cada uno de los especímenes, para mayor precaución y no perder el orden de cada una de las muestras se señala cada una de ellas para sus correspondientes días de curado.

Para realizar el desmoldado se retira las tuercas mariposa para liberar el material.

El desmoldado de los cilindros es llevado a cabo con un compresor de aire, se hace pasar el aire a través del agujero que se encuentra en la parte inferior del molde hasta que el contenido es expulsado.

Figura 36. Desmoldado de cilindro. (propiedad de los autores)

Curado

Antes de que transcurran 30 min del desmoldado, se deben poner los especímenes en un ambiente húmedo con agua libre sobre la superficie de estos, dicho ambiente debe encontrarse entre 23 °C ± 2,0 °C.

Diseño De La Mezcla

El diseño de la mezcla se realiza para un concreto de 4000 psi con un módulo de rotura de 41, como su principal variable se utilizó una relación agua cemento (A/C) de 0.39% en el cual es parte fundamental para obtener un control en la adición de estos dos materiales, ya que pueden generar cambios en la manejabilidad del concreto, también por medio de esta dosificación se estima el volumen de cada agregado que se adiciono a la mezcla ya que cada uno maneja un porcentaje de humedad que puede afectar también todo este proceso

Teniendo en cuenta lo anterior mencionado, se lleva a cabo un testigo del concreto a diseñar sin adición de la fibra natural para $1m^3$ de mezcla, para así calcular la correcta dosificación en cada muestra que se le adicionara un porcentaje diferente al concreto convencional de 3, 5 y 7% de fibra.

Los porcentajes calculados de dosificación a la mezcla han sido adecuados para un trompo de 48 lts en el cual fue mezclado el concreto.

Diseño de concreto hidráulico, módulo de rotura 41 y para una resistencia de 4000 PSI

TESTIGO	
MATERIALES	**$1M^3$ DE CONCRETO HIDRAULICO**
CEMENTO	355kg
AGUA	14lt
ARENA	785kg
GRAVA DE 1"	922kg
ISOPLAST	1.21lt
ISOFLOW	1.50lt

Tabla 8. Diseño para un metro cubico($1m^3$) de concreto. (propiedad de los autores)

Diseño concreto hidráulico, módulo de rotura 41 y una resistencia a la compresión de 4000psi con adición de fibra al 0.3%

ADICION DE FIBRA AL 0.3%		
MATERIALES	**1M³ DE CONCRETO HIDRAULICO**	**48Lts**
CEMENTO	355kg	17.06kg
AGUA	14lt	6.73lt
ARENA	784kg	37.69kg
GRAVA DE 1"	921kg	44.27kg
ISOPLAST	1.21lt	70.19gr
FIBRA DE BEJUCO	1065kg	51.20gr
ISOFLOW	1.50lt	78.80gr

Tabla 9. Diseño de concreto con 0.3% de fibra. Dimensionado para el trompo de 48lt. (propiedad de los autores)

Diseño de concreto hidráulico, módulo de rotura 41 y una resistencia a la compresión de 4000psi con adición de fibra al 0.5%

ADICION DE FIBRA AL 0.5%		
MATERIALES	**1M³ DE CONCRETO HIDRAULICO**	**48Lts**
CEMENTO	355kg	17.06kg
AGUA	14lt	6.73lt
ARENA	784kg	37.69kg
GRAVA DE 1"	920kg	44.23kg
ISOPLAST	1.21lt	70.19gr
FIBRA DE BEJUCO	1.775kg	85.09gr
ISOFLOW	1.50lt	78.80gr

Tabla 10. diseño de concreto con 0.5% de fibra. Dimensionado para el trompo de 48lt. (propiedad de los autores)

Diseño de concreto hidráulico, módulo de rotura 41 y una resistencia a la compresión de 4000psi con adición de fibra al 0.7%

ADICION DE FIBRA AL 0.7%		
MATERIALES	**1M³ DE CONCRETO HIDRAULICO**	**48Lts**
CEMENTO	355kg	17.06kg
AGUA	14lt	6.73lt
ARENA	7.83kg	37.64kg
GRAVA DE 1"	919kg	44.18kg
ISOPLAST	1.21lt	70.19gr
FIBRA DE BEJUCO	2.485kg	119.47gr
ISOFLOW	1.50lt	78.80gr

Tabla 11. Diseño de concreto con 0.7% de fibra. Dimensionado para el trompo de 48lt. (propiedad de los autores)

Resultados

Resultados ensayos absorción de agregados grueso, fino y gravedad especifica del cemento

ENSAYO	MARCA	NORMA	RESULTADO
Absorcion de agregado grueso	Mina la colina	NTC 237	3,74%
Absorcion de agregado fino	Mina la colina	NTC 237	3,01%
Gravedad especifica del cemento	Cemex	NTC 221	3,1 (Kg/L)

Nota: estos ensayos fueron entregados por concretos la floresta.

Tabla 12. Ensayos absorcion de agregados (fino y grueso) y gravedad especifica. (CONCRETOS LA FLORESTA)

Resultado ensayo de contenido de humedad

ENSAYO DE HUMEDAD				
MUESTRA	PESO 1 (g)	PESO 2 (g)	DIFERENCIA(g)	HUMEDAD (%)
ARENA	605	538,5	66,5	11,0
GRAVA 1"	990	926,5	63,5	6,4

Tabla 13. Resultados ensayo de humedad. (propiedad de los autores)

Resultado de ensayos contenido de aire.

Tras la realización de los ensayos basándonos en la I.N.V.E 406-07 encontramos que el porcentaje de contenido de aire en las mezclas realizadas contenía entre el 2% y el 4% de aire natural

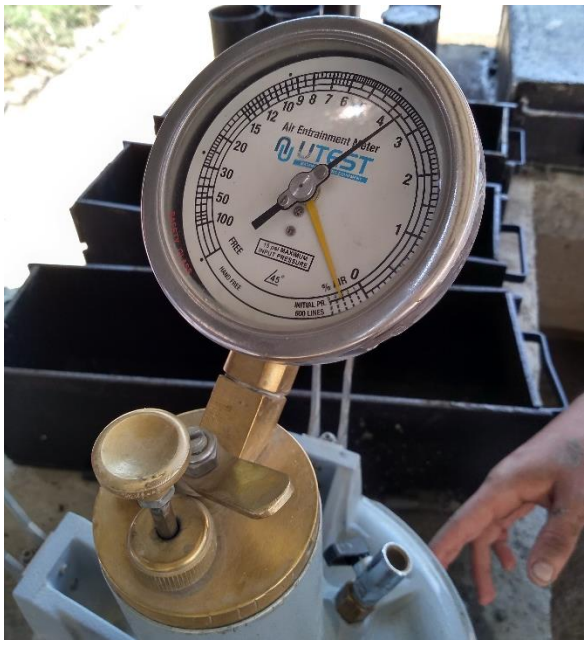

Figura 37. Resultado de ensayo de contenido de aire. (propiedad de los autores)

Resultado ensayo de temperatura

De la realización del ensayo de temperatura, el cual se llevó a cabo basándonos en la NTC 357, como resultado obtuvimos una variación entre 30° y 32° C. la variación entre las muestras no fue significativa.

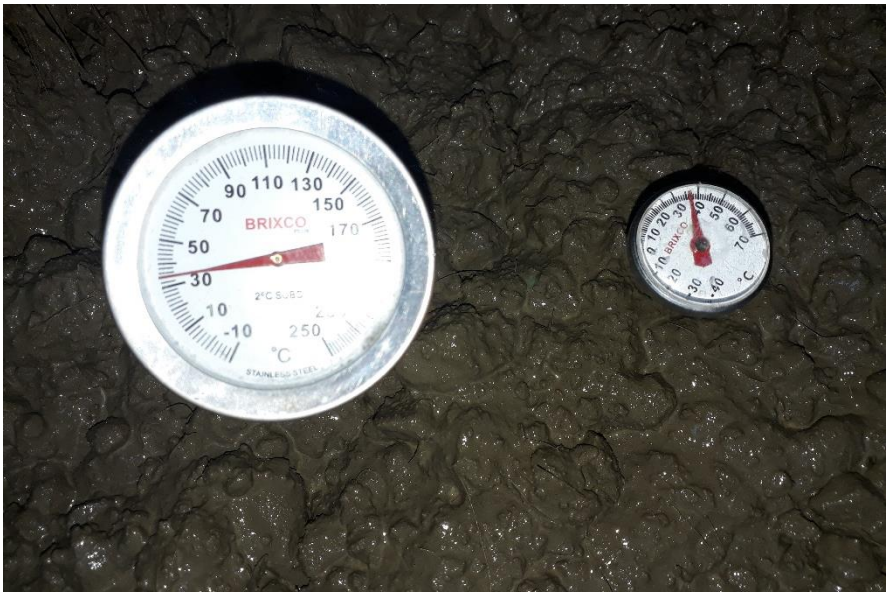

Figura 38. Resultado de ensayo de temperatura. (propiedad del autor)

Resultado ensayo de Asentamiento

ENSAYOS DE ASENTAMIENTO				
MEZCLA (% FIBRA)	MUESTRA TOMADA		ASENTAMIENTO (pulg)	OBSERVACIONES
	ANTES DE AGREGAR LA FIBRA	DESPUES DE AGREGAR LA FIBRA		
0,3	X		6,25	Al encontrar que la primer mezcla realizada para el ensayo con fibras, presento un asentamiento alto se tomo la decicion que antes de realizar la correcion en base de agregados, se adiciono la fibra y asi conocer como se comportaria la pasta al adicionarle esta.
0,3		X	4,2	Al realizar el segundo ensayo, pudimos percatarnos que al ser agregada la fibra esta altero la maleabilidad de la pasta bajando el asentamiento
0,5	X		4,5	sin adicionar fibra
0,5		X	1,9	Al adicionar la fibra, al igual que en el ensayo anterior se perdio gran parte la malebilidad de la pasta por tanto fue necesario aplicar 600 Ml adicionales de agua para que esta alcansara un asentamiento adecuado
0,7	X		2,5	para alcanzar el asentamiento deseado se requirieron 200 Ml de agua. Esto se realiza bajo conocmiento que al aplicar la fibra alteraria el resultado nuevamente.
0,7		X	1,1	Nuevamente la fibra altero de sobre manera la maleabilidad de la mezcla y requirio de 600 Ml adicionales de agua para que este alcansara las 4,7" (pulg) de asentamineto. En total se agregaron 800 Ml adicionales de agua.

NOTA:Para la realizacion de este cuadro se tomaron solo los datos relevantes o que generaron nueva informacion para el trabajo.

Tabla 14. Resultados de ensayo de asentamiento. (propiedad de los autores)

Resultados ensayo de granulometría de agregado fino

CARACTERISTICAS FISICAS DE ARENA GRUESA

Muestra: ARENA TRITURADA — Planta: LA FLORESTA

Descripción: ACOPIO — Mina: LA COLINA

ABERTURA DEL TAMIZ		Masa Retenida	Porcentaje Retenido	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Pasa	NORMA	
(mm)	(Denom. Estándar)	(g)	(%)	(%)	(%)	Límite Inferior	Limite Superior
12,5	1/2"		0,0%	0,0%	100,0%	100%	100%
9,5	3/8"		0,0%	0,0%	100,0%	100%	100%
4,76	N° 4	46,5	2,5%	2,5%	97,5%	85%	100%
2,38	N° 8	345,5	18,2%	20,7%	79,3%	60%	80%
1,19	N° 16	491,5	26,0%	46,6%	53,4%	45%	65%
0,6	N° 30	326,5	17,2%	63,9%	36,1%	30%	55%
0,3	N° 50	359,5	19,0%	82,9%	17,1%	15%	35%
0,15	N° 100	236,5	12,5%	95,4%	4,6%	2%	10%
0,075	N° 200	52,5	2,8%	98,1%	1,9%	0%	9%
Fondo		35,5	1,9%	100,0%	0,0%		

Módulo de finura	3,12	Masa final seca después de lavado sobre tamiz 0,075mm (g)	1895,5
Sumatoria masa retenida (g)	1894		
Fondo después de tamizado (g)	33,5		

Tabla 15. Resultados de ensayo de granulometría agregado fino. (propiedad de los autores)

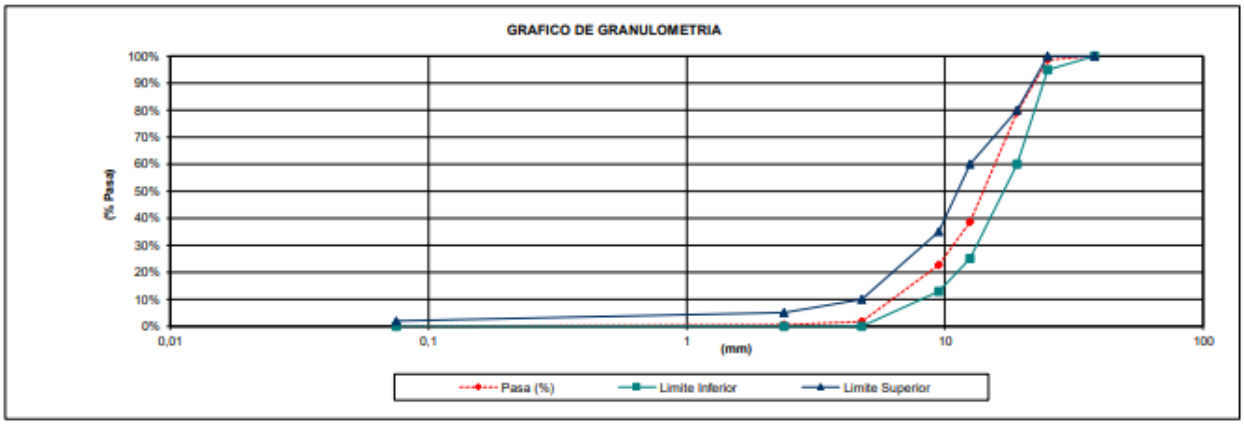

Figura 39. Grafica de granulometría de agregados gruesos.

Resultados ensayos de granulometría agregado grueso

CARACTERISTICAS FISICAS DE GRAVA DE 1"

Muestra: GRAVA 1"
Descripción: ACOPIO
Planta: LA FLORESTA
Mina: LA COLINA

ABERTURA DEL TAMIZ		Masa Retenida	Porcentaje Retenido	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Pasa	NORMA	
(mm)	(Denom. Estándar)	(g)	(%)	(%)	(%)	Límite Inferior	Limite Superior
38	1 1/2"		0,0%	0,0%	100,0%	100%	100%
25	1"	41,5	1,4%	1,4%	98,6%	95%	100%
19	3/4"	555,5	19,4%	20,8%	79,2%	60%	80%
12,5	1/2"	1162	40,5%	61,3%	38,7%	25%	60%
9,5	3/8"	456	15,9%	77,2%	22,8%	13%	35%
4,76	N° 4	605	21,1%	98,3%	1,7%	0%	10%
2,38	N° 8	30,5	1,1%	99,3%	0,7%	0%	5%
0,075	N° 200	17	0,6%	99,9%	0,1%	0%	2,0%
Fondo		2,0	0,1%	100,0%	0,0%		

Tamaño máximo	1"	Fondo después de tamizado (g)	2
tamaño máximo nominal	3/4"	masa final seca después de lavado sobre tamiz 0.075mm(g)	2870
sumatoria masa retenida (g)	2869,5		

Tabla 16. Resultados ensayos de granulometría agregado grueso. (propiedad de los autores)

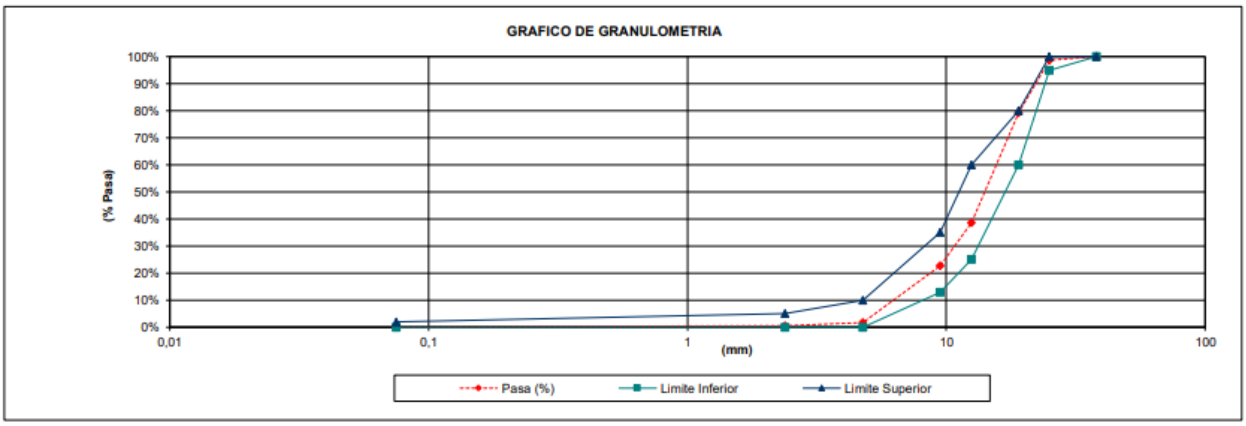

Figura 40. Grafica de granulometría de agregados gruesos

Resultados de fallos a flexión de las vigas

COD	FECHA		EDAD	LOG. ENTRE APOYOS (cm)		ANCHO PROMEDIO (cm)			ALTURA PROMEDIO (cm)			KN	MR (kg/cm2)	%	FALLA EN EL TERCIO MEDIO	
	TOMA	ROTURA													SI	NO
TESTIGO 1	19-feb	26-feb	7	La	45	15,2			15,1			34,40	45,84	112%	X	
				Lv	52	15,2	15,1	15,2	15,0	15,1	15,1					
	19-feb	26-feb	7	La	45	15,1			15,2			33,90	44,68	109%	X	
				Lv	52	15,2	15,1	15,1	15,1	15,2	15,2					
	19-feb	5-mar	14	La	45	15,2			15,0			34,56	46,26	113%	X	
				Lv	52	15,3	15,2	15,2	15,0	15,0	15,0					
	19-feb	5-mar	14	La	45	15,1			15,1			34,47	46,04	112%	X	
				Lv	52	15,1	15,0	15,1	15,1	15,1	15,1					
	19-feb	19-mar	28	La	45	15,2			15,2			36,48	47,56	116%	X	
				Lv	52	15,0	15,3	15,2	15,3	15,2	15,2					
	19-feb	19-mar	28	La	45	15,2			15,1			36,56	48,51	118%	X	
				Lv	52	15,2	15,2	15,1	15,1	15,1	15,1					

Tabla 17. Resultados de fallos concreto convencional.

COD	FECHA		EDAD	LOG. ENTRE APOYOS (cm)		ANCHO PROMEDIO (cm)			ALTURA PROMEDIO (cm)			KN	MR (kg/cm2)	%	FALLA EN EL TERCIO MEDIO	
	TOMA	ROTURA													SI	NO
PROPUESTA 1 - 0.3%	21-feb	28-feb	7	La	45	15,2			15,0			33,90	45,28	110%	X	
				Lv	52	15,1	15,2	15,3	15,0	15,1	15,0					
	21-feb	28-feb	7	La	45	15,0			15,1			33,95	45,44	111%	X	
				Lv	52	15,0	15,0	15,1	15,2	15,1	15,0					
	21-feb	7-mar	14	La	45	15,1			15,1			34,55	45,94	112%	X	
				Lv	52	15,1	15,1	15,2	15,1	15,2	15,0					
	21-feb	7-mar	14	La	45	15,2			15,1			34,60	45,92	112%	X	
				Lv	52	15,4	15,1	15,2	15,0	15,0	15,2					
	21-feb	21-mar	28	La	45	15,1			15,2			34,92	46,23	113%	X	
				Lv	52	15,0	15,1	15,1	15,3	15,2	15,0					
	21-feb	21-mar	28	La	45	15,0			15,1			35,10	47,19	115%	X	
				Lv	52	15,0	15,1	15,0	15,2	15,0	15,0					

Tabla 18. Resultados de fallos de concreto con 3% de fibra de bejuco.

COD	FECHA		EDAD	LOG. ENTRE APOYOS (cm)		ANCHO PROMEDIO (cm)			ALTURA PROMEDIO (cm)			KN	MR (kg/cm2)	%	FALLA EN EL TERCIO MEDIO	
	TOMA	ROTURA													SI	NO
PROPUESTA 1 - 0.5%	21-feb	28-feb	7	La	45	15,1			15,3			36,60	47,20	115%	X	
				Lv	52	15,2	15,0	15,2	15,5	15,5	15,0					
	21-feb	28-feb	7	La	45	15,1			15,1			36,43	48,44	118%	X	
				Lv	52	15,0	15,3	15,1	15,0	15,0	15,3					
	21-feb	7-mar	14	La	45	15,1			15,1			36,94	49,12	120%	X	
				Lv	52	15,3	15,0	15,1	15,0	15,2	15,1					
	21-feb	7-mar	14	La	45	15,0			15,2			37,50	49,87	122%	X	
				Lv	52	15,0	15,0	15,0	15,3	15,1	15,1					
	21-feb	21-mar	28	La	45	15,2			15,2			37,85	49,13	120%	X	
				Lv	52	15,2	15,1	15,4	15,3	15,2	15,2					
	21-feb	21-mar	28	La	45	15,2			15,1			37,98	50,61	123%	X	
				Lv	52	15,2	15,1	15,2	15,1	15,1	15,0					

Tabla 19. Resultados de fallos de concreto con 5% de fibra de bejuco

COD	FECHA		EDAD	LOG. ENTRE APOYOS (cm)		ANCHO PROMEDIO (cm)			ALTURA PROMEDIO (cm)			KN	MR (kg/cm2)	%	FALLA EN EL TERCIO MEDIO	
	TOMA	ROTURA													SI	NO
PROPUESTA 1 - 0.7%	21-feb	28-feb	7	La	45	15,1			15,1			33,90	45,38	111%	X	
				Lv	52	15,0	15,2	15,1	15,0	15,2	15,0					
	21-feb	28-feb	7	La	45	15,2			15,1			33,85	44,91	110%	X	
				Lv	52	15,2	15,3	15,0	15,0	15,1	15,2					
	21-feb	7-mar	14	La	45	15,2			15,1			34,20	45,58	111%	X	
				Lv	52	15,1	15,3	15,1	15,0	15,1	15,1					
	21-feb	7-mar	14	La	45	15,0			15,0			34,15	46,32	113%	X	
				Lv	52	15,0	15,0	15,1	15,0	15,0	15,0					
	21-feb	21-mar	28	La	45	15,1			15,1			34,77	46,03	112%	X	
				Lv	52	15,1	15,1	15,2	15,1	15,2	15,1					
	21-feb	21-mar	28	La	45	15,3			15,1			34,87	46,17	113%	X	
				Lv	52	15,3	15,2	15,3	15,1	15,0	15,1					

Tabla 20. Resultados de fallos de concreto con 7% de fibra de bejuco

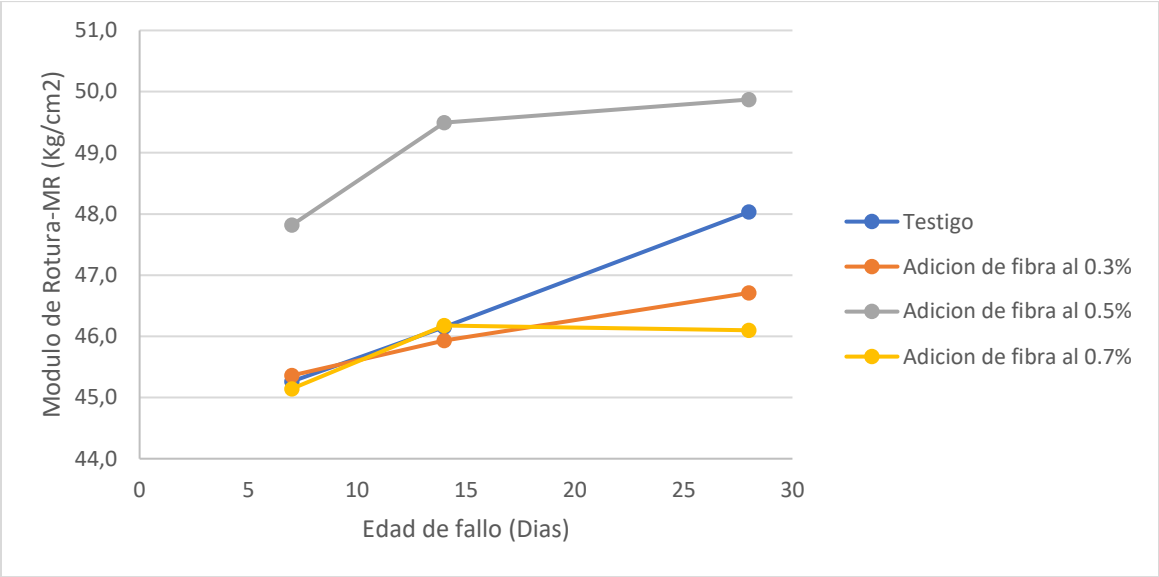

Figura 41 Grafica comparativa de resultados del fallo de los Vigas. (propiedad de los autores)

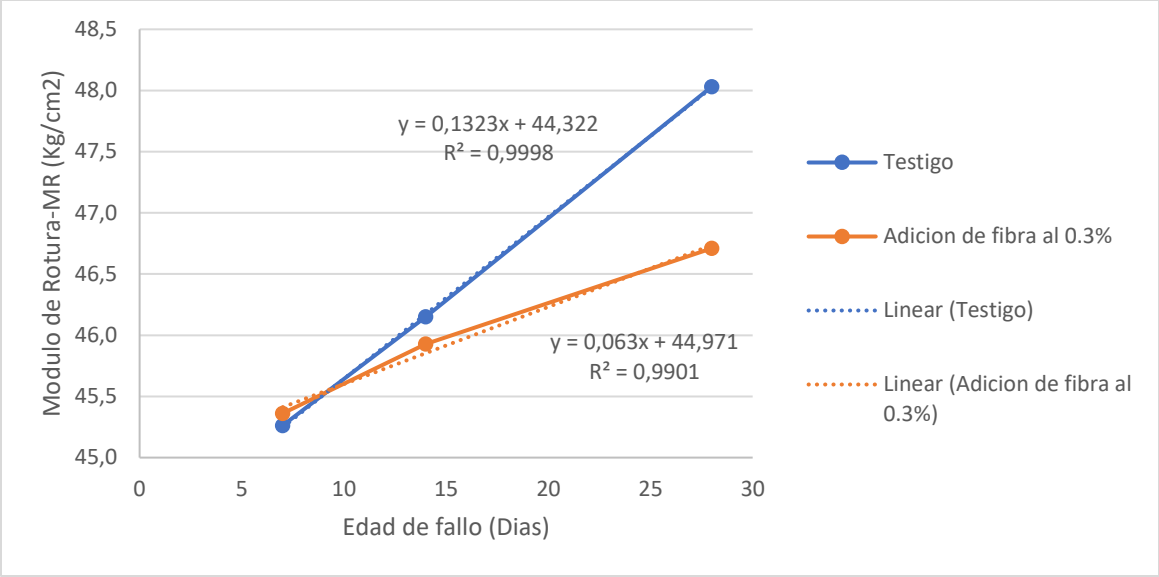

Figura 42.Curva de mayor tendencia para módulo de rotura, comparada con la obtenida con mezcla convencional. (propiedad de los autores)

Resultados para fallos a compresión de los cilindros

ELEMENTO	RESISTENCIA TEORICA	FECHA		EDAD	FUERZA LEIDA	FUERZA	FUERZ*UNDA		PORCENTAJE RESISTENCIA
	PSI	TOMA	ROTURA	DIAS	KN	Kgf	Kgf/pulg2	PSI	COMPRESION
CONVENCIONAL	4000	19/02/2019	26/02/2019	7	263,6	26879,3	2138,99	4706	117,6%
CONVENCIONAL	4000	19/02/2019	26/02/2019	7	264,1	26930,3	2143,04	4715	117,9%
CONVENCIONAL	4000	19/02/2019	5/03/2019	14	270	27531,9	2190,92	4820	120,5%
CONVENCIONAL	4000	19/02/2019	5/03/2019	14	270,4	27572,7	2194,16	4827	120,7%
CONVENCIONAL	4000	19/02/2019	19/03/2019	28	238,9	24360,6	1938,56	4265	106,6%
CONVENCIONAL	4000	19/02/2019	19/03/2019	28	277,2	28266,1	2249,34	4949	123,7%

Tabla 21. Resultados de los fallos a la compresión de los cilindros del concreto convencional.

ELEMENTO	RESISTENCIA TEORICA	FECHA		EDAD	FUERZA LEIDA	FUERZA	FUERZ*UNDA		PORCENTAJE RESISTENCIA
	PSI	TOMA	ROTURA	DIAS	KN	Kgf	Kgf/pulg2	PSI	COMPRESION
PROPUESTA P1 FIBRA 0,3%	4000	21/02/2019	28/02/2019	7	266	27124	2158,46	4749	118,7%
PROPUESTA P1 FIBRA 0,3%	4000	21/02/2019	28/02/2019	7	264,5	26971,1	2146,29	4722	118,0%
PROPUESTA P1 FIBRA 0,3%	4000	21/02/2019	7/03/2019	14	273,1	27848	2216,07	4875	121,9%
PROPUESTA P1 FIBRA 0,3%	4000	21/02/2019	7/03/2019	14	274,7	28011,2	2229,06	4904	122,6%
PROPUESTA P1 FIBRA 0,3%	4000	21/02/2019	21/03/2019	28	278,5	28398,6	2259,89	4972	124,3%
PROPUESTA P1 FIBRA 0,3%	4000	21/02/2019	21/03/2019	28	278	28347,7	2255,84	4963	124,1%

Tabla 22. Resultados de los fallos a la compresión de los cilindros con adición de 0.3% de fibra.

ELEMENTO	RESISTENCIA TEORICA	FECHA		EDAD	FUERZA LEIDA	FUERZA	FUERZ"UNDA		PORCENTAJE RESISTENCIA
	PSI	TOMA	ROTURA	DIAS	KN	Kgf	Kgf/pulg2	PSI	COMPRESION
PROPUESTA P2 FIBRA 0,5%	4000	21/02/2019	28/02/2019	7	253,6	25859,6	2057,84	4527	113,2%
PROPUESTA P2 FIBRA 0,5%	4000	21/02/2019	28/02/2019	7	255,3	26032,9	2071,64	4558	113,9%
PROPUESTA P2 FIBRA 0,5%	4000	21/02/2019	7/03/2019	14	263,9	26909,9	2141,42	4711	117,8%
PROPUESTA P2 FIBRA 0,5%	4000	21/02/2019	7/03/2019	14	264,4	26960,9	2145,48	4720	118,0%
PROPUESTA P2 FIBRA 0,5%	4000	21/02/2019	21/03/2019	28	269,6	27491,1	2187,67	4813	120,3%
PROPUESTA P2 FIBRA 0,5%	4000	21/02/2019	21/03/2019	28	270,3	27562,5	2193,35	4825	120,6%

Tabla 23. Resultados de los fallos a la compresión de los cilindros con adición de 0.5% de fibra.

ELEMENTO	RESISTENCIA TEORICA	FECHA		EDAD	FUERZA LEIDA	FUERZA	FUERZ"UNDA		PORCENTAJE RESISTENCIA
	PSI	TOMA	ROTURA	DIAS	KN	Kgf	Kgf/pulg2	PSI	COMPRESION
PROPUESTA P3 FIBRA 07%	4000	21/02/2019	28/02/2019	7	253,1	25808,6	2053,78	4518	113,0%
PROPUESTA P3 FIBRA 07%	4000	21/02/2019	28/02/2019	7	250,2	25512,9	2030,25	4467	111,7%
PROPUESTA P3 FIBRA 07%	4000	21/02/2019	7/03/2019	14	259,1	26420,4	2102,47	4625	115,6%
PROPUESTA P3 FIBRA 07%	4000	21/02/2019	7/03/2019	14	261,3	26644,8	2120,32	4665	116,6%
PROPUESTA P3 FIBRA 07%	4000	21/02/2019	21/03/2019	28	267,2	27246,4	2168,20	4770	119,3%
PROPUESTA P3 FIBRA 07%	4000	21/02/2019	21/03/2019	28	266	27124	2158,46	4749	118,7%

Tabla 24. Resultados de los fallos a la compresión de los cilindros con adición de 0.7% de fibra

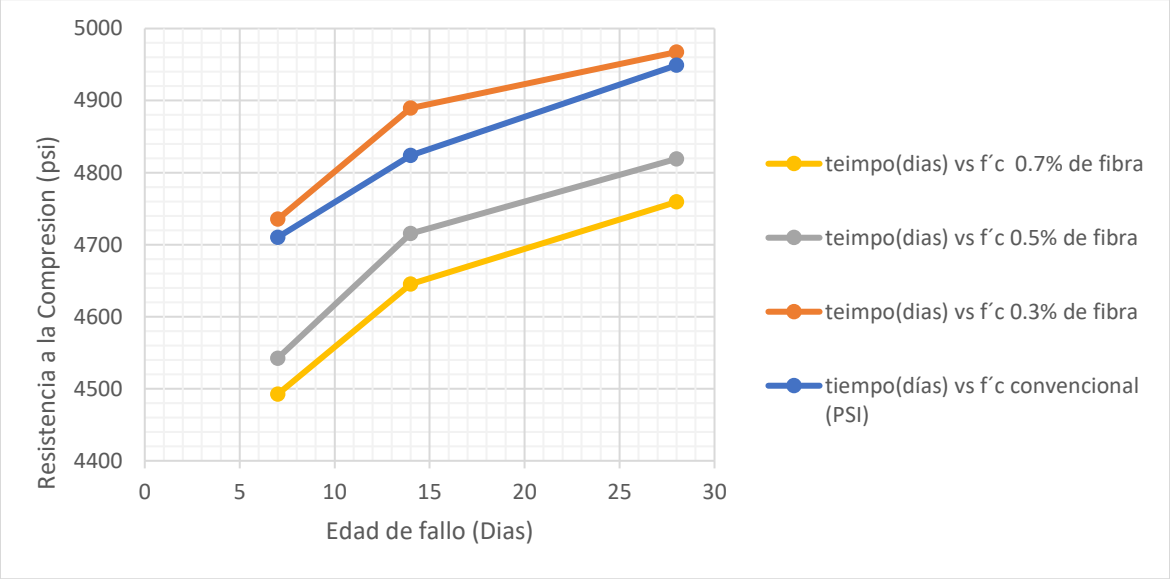

Figura 43. Grafica comparativa de resultados del fallo de los cilindros. (propiedad de los autores)

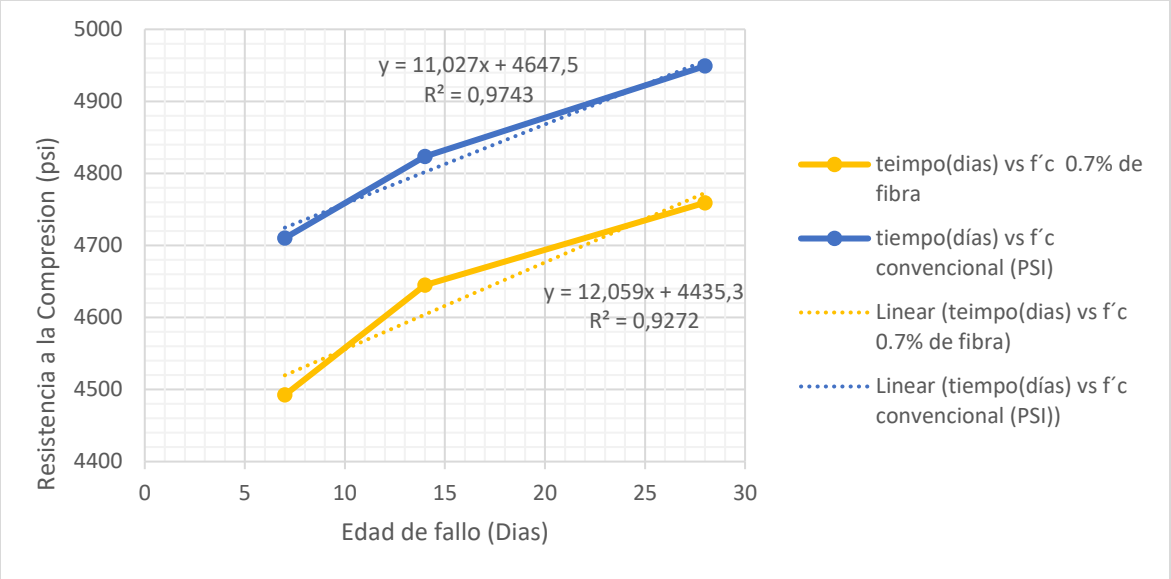

Figura 44. Curva de mayor tendencia ensayo para resistencia a la compresión, comparada con la obtenida con mezcla convencional. (propiedad de los autores)

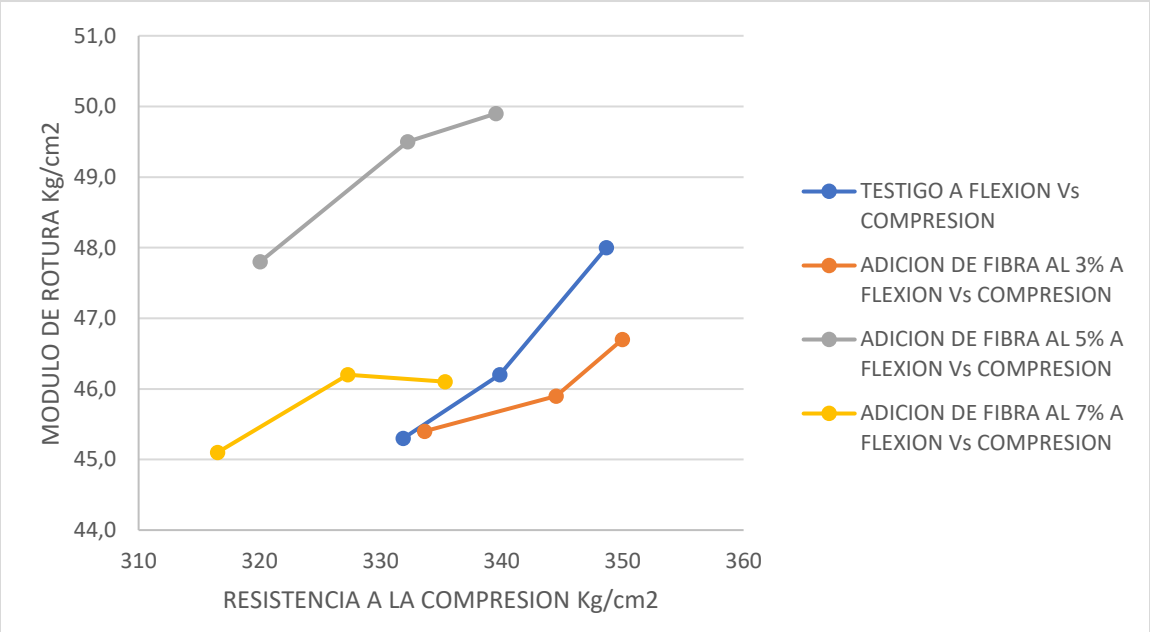

Figura 45. MR (módulo de rotura) Vs f´c (resistencia a la compresión). (propiedad de los autores)

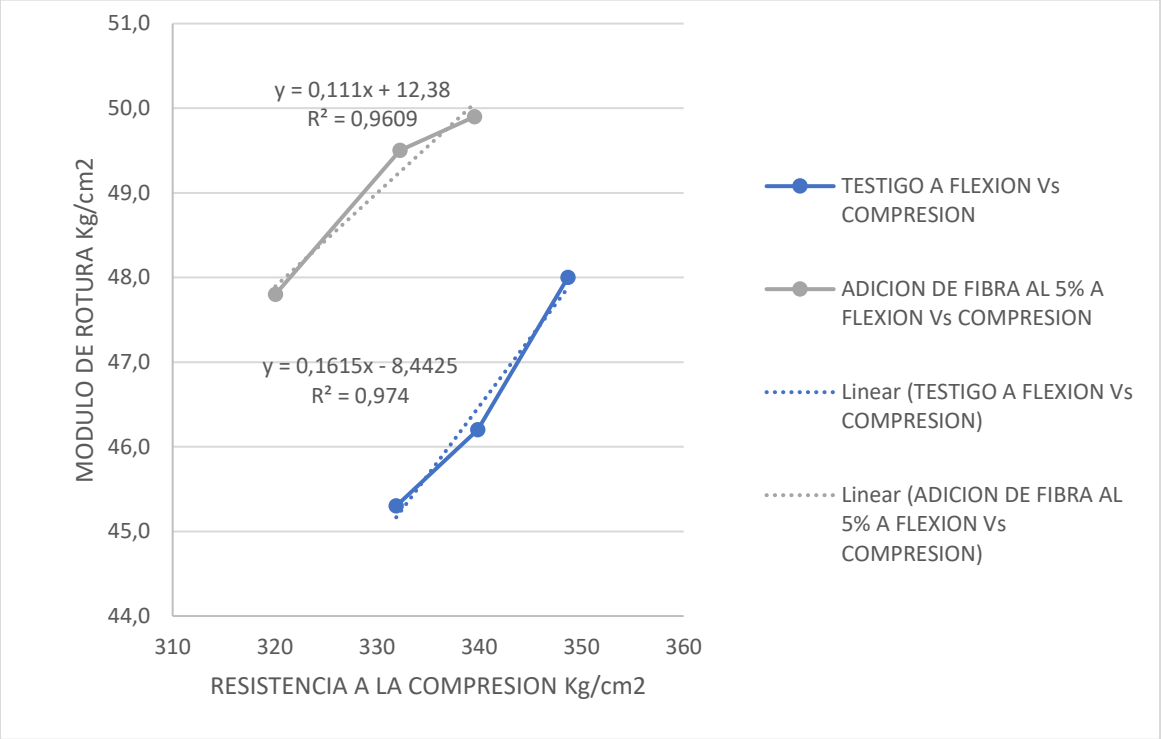

Figura 46. Curva de mayor tendencia MR Vs f´c, comparada con los resultados de la mezcla convencional. (propiedad de los autores)

Costos y recursos

Este proyecto fue llevado a cabo con el mínimo de costos, ya que los materiales fueron patrocinados por Concretos la Floresta, así como también nos dio permiso para hacer uso de su laboratorio. Los costes que se hicieron presentes en esta investigación son los de transporte los cuales no superaron el valor de 120.000 pesos colombianos.

Conclusiones

- Basado en la investigación realizada de trabajos con fibras naturales, se observa que se usan bajos porcentajes, teniendo en cuenta esto se toma la decían de trabajar con el 0.3%, 0.5% y 0.7% del peso total de la mezcla para agregar las fibras, con una longitud entre 1 y 2 cm, distribuida de manera aleatoria en toda la mezcla. Realizando el ensaño de asentamiento logramos percatarnos que el agregar la fibra a la mezcla esta perdía maleabilidad, debido a la capacidad de absorción de la fibra.
- Por medio del diseño de mezcla elaborado, con la información otorgada por la empresa concretos la floresta, se lograron los resultados esperados a los 28 días, en tan solo los primeros 7, para todas las muestras. A este punto comprobamos que el agregar la fibra esta no influyo de manera negativa en la mezcla.
- Observando las tablas y las gráficas de resultados del ensayo resistencia a la flexión, encontramos que las vigas elaboradas con el 0.3% y 0.7% de fibra mantuvieron resultados similares al convencional hasta los 14 días, a partir de esta edad las realizadas con 0.7% dejaron de aumentar mientras que las de 03. % aumentaron, pero fueron superadas en gran medida por los hechos con la mezcla convencional. Mientras que las muestras realizadas con el 0.5% de fibra desde los 7 días ya superaba los resultados de las muestras convencionales. Por tanto, el porcentaje de fibra recomendado para la elaboración de concretos hidráulicos con posible uso en pavimento es la 0.5% de fibras de concreto.
- De los ensayos de compresión realizadas a los cilindros, observamos que a pesar de que los resultados cumplen con el diseño las muestras con 0.5% y 0.7 % de fibra no fueron cercanos a los resultados obtenidos en las muestras convencionales. Los cilindros realizados con el 0.3% mantuvieron resultados mayores a los del convencional en cada una

de las edades de fallo. Por tanto, el porcentaje de fibra recomendado para la elaboración de concretos para su posible uso en estructuras verticales es el elaborado con 0.3% fibra de bejuco.

Recomendaciones

- Tener una gran cantidad de moldes para poder realizar los suficientes ensayos. Lo recomendable era realizar 3 cilindros y 3 vigas para cada % de fibra por día, pero debido a la disponibilidad de las camisas prestadas por la universidad, en esta investigación solo se realizaron 2 por día.
- Buscar una mejor manera de realizar el procesado de la fibra, para tener mayor control del tamaño de estas.
- Es recomendable realizar la investigación con otros tipos de cemento esto con el fin de conocer como se comportan las fibras en estos.
- Utilizar fibras de mayor longitud para conocer cómo pueden variar los resultados. Basándonos en la experiencia de otras investigaciones, recomiendo 10 cm de longitud.
- Asegurarse de que los moldes estén bien armados, para que, al momento de hacer el vaciado en estos, no se termine estropeando la muestra y pueda quedar deforme.
- Tener especial cuidado al momento de poner las muestras en la pileta de curado, si estas son golpeadas, se puede ver comprometido los resultados.

Bibliography

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCE AND DISEASE REGISTRY. (2001). *Toxicological Profile for Asbestos.* Health Service Agency of Toxic Substances and Disease Registry.

ALVARADO, C. A. (2002). *Concretso base de cemento portland reforzado con fibras naturales /agave lechuguilla), como materiales para construccion en Mexico.* San nicolas de los garza, Monterey : Universidad Autonama de Nuevo Leon.

ALVARADO, C. J., & LOPEZ, P. R. (2002). *Uso de fibras naturales de lechuguilla como refuerzo del concreto* . San Nicolás de los Garza, México: Universidad Autonoma de Nuevo Leon .

ANONIMO. (2013, Abril 4). *EcuRed*. Retrieved from ecured.cu: https://www.ecured.cu/Mec%C3%A1nica_de_fluidos

ANONIMO. (2015, Junio 3). *EcuRed*. Retrieved from ecured.cu: https://www.ecured.cu/Mec%C3%A1nica

ARMANDOL. (2012, Abril 21). *Aprende y piensa* . Retrieved from aprendeypiensa.com: http://www.aprendeypiensa.com/2012/04/hacer-un-buen-analisis.html

ASOCRETO Y SUBCOMITE DE FIBRAS ICONTEC. (2013, Octubre 11). *360ENCONCRETO*. Retrieved from 360enconcreto.com: https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/que-es-concreto-reforzado-con-fibras

BEMBIBRE, V. (2009, Enero). *Dfinicion ABC*. Retrieved from definicionabc.com: https://www.definicionabc.com/ciencia/analisis.php

CARDENAS, P. J., AREVALO, O. C., & POVEDA, L. L. (2009). *Efectos de la Alta Compactacion de la Capa de Base en Pavimentos Flexibles* . Managua, Nicaragua : Universidad Nacional de Ingenieria, Facultad de la Tecnologia de la Construccion.

CEMENTOS TEQUENDAMA . (2017, Diciembre 31). *CEMENTOS TEQUENDAMA* . Retrieved from cetesa.com.co: http://www.cetesa.com.co/que-es-el-cemento-y-cual-es-su-composicion/

CEMEX DE COLOMBIA. (2014). *CATALOGO DE SOLUCIONES CEMEX* . Bogota, Colombia: CEMEX.

CLARK, D., & CLARK, D. (1990). *Distribution and effects on tree growth of lianas and woody hemiepiphytes in a Costa Rican tropical wet forest.* Cambridge University Press.

CONCRETOS FLORESTA . (2018). *Concretos Floresta* . Retrieved from concretosfloresta.com: http://www.concretosfloresta.com/sobre-nosotros.html

CONCRETOS FLORESTA . (2018). *Concretos Floresta* . Retrieved from concretosfloresta.com: http://www.concretosfloresta.com/contacto.html

CRESPO, M. V., & OSUNA, L. E. (2006). *Apoyo Didactico Para la Enseñanza y Aprendizaje en la Asignatura de "Tecnologia del Hormigon".* Cochabamba, Bolivia: Universidad Mayor de San Simon.

DECONCEPTOS. (2017). *deconceptos.com*. Retrieved from deconseptos.com: https://deconceptos.com/general/respuesta

DEFINICION. (2013, junio 03). *Definicion*. Retrieved from definicion.mx: https://definicion.mx/?s=An%C3%A1lisis

DUARTE, J. D. (15 feb). *El tesoro de las plantas*. Retrieved from EL ESPECTADOR .

DUARTE, J. D. (15 de feb de 2012). *EL ESPECTADOR*. Obtenido de elespectador.com: https://www.elespectador.com/noticias/actualidad/vivir/el-tesoro-de-plantas-articulo-326804

EL HERALDO . (2016, Diciembre 30). *AGUASCALIENTES EL HERELADO*. Retrieved from heraldo.mx: http://www.heraldo.mx/concreto-hidraulico-en-calles-debe-continuar/

ESPAÑA, C., & MOLINA, L. (2013). *Evaluacion de la Resistencia de una Mezcla de Concreto, al Adicionarle Fibra Natural Tipo Bagazo de Caña Panelereada en el Departamento de Nariño.* San Juan de Pasto; Nariño: Universidad de Nariño.

GIORDANI, C., & LEONE, D. (n.d.). *Pavimentos.* Rosario, Santa fe, Argentina: Universidad Tecnologica Nacional Facultad Regional del Rosario.

GOOGLE . (n.d.). *GOOGLE MAPS*. Retrieved from google.com/maps: https://www.google.com/maps/@4.2424578,-74.7098704,726m/data=!3m1!1e3

GOOGLE . (n.d.). *google/maps*. Retrieved from google.com/maps: www.google.com/maps/place/Planta+De+concreto+La+Floresta/@4.2660399,-74.7846684,15010m/data=!3m1!1e3!4m19!1m13!4m12!1m4!2m2!1d-74.8157826!2d4.302424!4e1!1m6!1m2!1s0x8e3f275fe13087fb:0x2c68f40a48958252!2sPlanta+De+concreto+La+Floresta,+Nilo,+Cundinamarca!2

GOOGLE . (n.d.). *Google/Maps*. Retrieved from google.com/maps: www.google.com/maps/place/El+Arbolito/@4.3253469,-74.8276417,6862m/data=!3m1!1e3!4m19!1m13!4m12!1m3!2m2!1d-74.8132032!2d4.3055993!1m6!1m2!1s0x8e3f2efe7b917a03:0xfa1f888fa9fcc16b!2sEl+Arbolito,+Girardot+-+Nariño,+Nariño,+Girardot,+Cundinamarca!2m2!1d-74.83

GOOGLE. (n.d.). *google*. Retrieved from google.com: https://www.google.com/search?rlz=1C1GGRV_enCO833CO833&q=Diccionario#dobs=analisis%20

GOOGLE. (n.d.). *GOOGLE MAPS*. Retrieved from google.com/maps: https://www.google.com/maps/@4.2424578,-74.7098704,726m/data=!3m1!1e3

GRUPO ARGOS. (n.d.). *ARGOS*. Retrieved from colombia.argos.co: https://colombia.argos.co/Conoce-nuestros-productos/Agregados

GRUPO ARGOS. (n.d.). *ARGOS*. Retrieved from colombia.argos.co: https://colombia.argos.co/Conoce-nuestros-productos/Agregadosproductos

GRUPO ARGOS. (n.d.). *ARGOS*. Retrieved from colombia.argos.co: https://colombia.argos.co/Conoce-nuestros-productos/Agregados#Arenas

GRUPO ARGOS. (n.d.). *ARGOS*. Retrieved from colombia.argos.co: https://colombia.argos.co/Conoce-nuestros-productos/Agregados#Bases-Sub-bases-Afirmados

GUZMAN, D. S. (2001). *Tecnologia del Concreto y del Mortero.* Santafe de Bogota D.C., Colombia : BHANDAR EDITORES LTDA.

GUZMAN, D. S. (2001). *Tecnologia del Concreto y del Mortero* . Colombia.: BHANDAR EDITORES LTDA.

HEIDELBERGCEMENT GROUP. (2014). *HEIDELBERGCEMENT GROUP*. Retrieved from www.heidelbergcement.com: https://www.heidelbergcement.com/en/cement

HOLCIM. (n.d.). *Holcim*. Retrieved from holcim.com.co: https://www.holcim.com.co/productos-y-servicios/productos/agregados

IARC WORKING GROUP ON THE EVALUATION OF CARCINOGENIC RISK TO HUMANS. . (2009). *Arsenic, Metals, Fibres and Dusts.* Lyon, France: International Agency for Research on Cancer.

ICONTEC. (1992). *INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA. METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO* . Bogota, Colombia : ICONTEC.

ICONTEC. (1992). *INGENIRIA CIVIL Y ARQUITECTURA. METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DEL CONCREOT FRESCO(NTC 3357).* Bogotam, Colombia: ICONTEC.

ICONTEC. (2000). *CONCRETOS. ELABORACION Y CURADO DE ESPECIMENES DE CONCRETO EN OBRA.* Bogota, Colombia : ICONTEC.

ICONTEC. (2000). *CONCRETOS. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS NORMALES DE CONCRETO* . Bogota, Colombia : ICONTEC.

ICONTEC. (2004). *METODO DE ENSAÑO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA FLEXION (UTILIZANDO UNA VIGA SIMPLE CON CARGA EN LOS TERCIOS MEDIOS)(NRC 2871).* Bogota, colombia: ICONTEC.

ICONTEC. (2007). *CONCRETOS. METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS POR TAMIZADO DE LOS AGRGADOS FINOS Y GRUESOS (NTC 77).* Bogota, Colombia: ICONTEC.

ICONTEC INTERNACIONAL. (2008). *CONCRETO. ADITIVOS QUIMICOS PARA CONCRETO* . Bogota, Colombia : Instituto Colombiano de Normas Tecnicas.

INVIAS . (n.d.). *CONTENIDO DE AIRE EN EL CONCRETO FRESCO METODO DE PRESION I.N.V.E- 406 -07.* Instituto Nacional de Vias .

LIANRES, E., GALEANO, G., GARCIA, N., & FIGUEROA, Y. (2008). *Fibras vegetales utilizadas en aretesanias en Colombia.* Bogota, Colombia: Instituto de Ciencias Natruales-Universidad Nacional de Colombia.

LINARES, E. (2001, 02 21). *uiniversidad nacional de colombia.* Retrieved from bdigital: www.bdigital.unal.edu.co/21308/1/17651-56351-1-PB.pdf

LOPEZ, L. G. (2003). *El Concreto y Otros Materiales Para la Construccion* . Manizales, Caldas, Colombia : Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales .

LUCAS, S. (2014, Julio 18). *Las 2 ORILLAS* . Retrieved from las2orillas.co: https://www.las2orillas.co/san-cipriano-entre-los-rios-mas-puros-del-mundo/

MANUAL, M., & TORRE, L. D. (2008). Los usos de las plantas para la obtencion de material. In H. N. LUCIA DE LA TORRE, *Enciclopedia de las plantas ulties de Ecuador* (pp. 86-93). Herbario QCA de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador & Herbario AAU del Departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de Aarhus.

NATIONAL TOXICOLOGY PROGRAM. (2016). *Asbestos, Report on Carcinogens.* U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, National Toxicology Program.

NRMCA. (n.d.). *El Concreto en la Practica* . NRMCA.

ORELLANA, P. L. (2016, AGOSTO 24). *Construcción Natural: el sueño de la casa hecha con las propias manos*. Retrieved from ECOPORTAL.NET: Construcción Natural: el sueño de la casa hecha con las propias manos

PARREN, M. B. (2001). *Does climber cutting reduce felling damage in southern.* Forest Ecology and Management,.

PORTO, J. P. (2019). *definicion.de*. Retrieved from definicion.de: https://definicion.de/mecanica

PUTZ, F. E. (1984). *Island, The Natural History of Lianas on Barro Colorado Island, Panama.* Ecological society of America.

RAE. (2018). *Real Academia Española* . Retrieved from rae.es: https://dle.rae.es/?id=2Vga9Gy

RAMIREZ, A. (2002). Construccion sostenible. *Fisica y sociedad*, 31-32.

RIVERA, G. (n.d.). *Concreto Simple.* Asunción de Popayán, Cauca, Colombia: Universidad del Cauca.

ROJAS, L. E., & CORREDOR, I. L. (2016). *Analisis de las Propiedades Mecanicas de un Concreto Convencional Adicionando Fibra de Cañamo.* Bogota D.C., Cundinamarca, Colombia : Universidad Catolica de Colombia .

SAC-VISA. (2018, junio 06). *SAC- VISA; SOLUCIONES EN ESFALTO Y CONCRETO* . Retrieved from sacvisa.com.mx: https://www.sacvisa.com.mx/que-es-el-concreto-hidraulico/

SALAZAR, R. (Director). (2013). *Micro Documental Cesteria Filandia* [Motion Picture].

SALICRUP, D. R. (2001). *Effect of lianas on tree regeneration in gaps and forest understorey.* University of Aberdeen.

SANDOVAL, C. H. (2011). *Nociones sobre metodo de diseño de estructuras de pavimentos para carreteras* . Tunja, Boyaca, Colombia : Universidad Pedagojica y Tecnologica de Colombia .

SIKA . (n.d.). *CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS.* Sika.

SIKA (Director). (2013). *Fibras para refuerzo de concreto: SikaCem Fiber* [Motion Picture].

SIKA. (n.d.). *SIKA.* Retrieved from per.sika.com: https://per.sika.com/content/peru/main/es/solutions_products/mercados_sika/sika-aditivos-concreto/aditivos-para-concreto.html

SILVA, O. J. (2018, diciembre 7). *360 en concreto* . Retrieved from 360enconcreto.com: https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/categoria/aditivos-adiciones-y-fibras/las-fibras-en-el-concreto

SISTEMAS MASTER MAGAZINE. (n.d.). *SISTEMAS MASTER MAGAZINE*. Retrieved from sistemas.com: https://sistemas.com/analisis.php

STEVENS, G. (1987). *Lianas as Structural Parasites: The Bursera Simaruba Example ecology.* Ecology.

STUDINKA, J. (1989). *Asbestos Sunstitution in the Fibre Cement Industry.* Cement Composites and Lightweight Concrete.

TUASAUDE. (n.d.). *TUASAUDE*. Retrieved from tuasaude.com: www.tuasaude.com/es/guaco/

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. (1984). *Health Effects Assessment for Asbestos.*