



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN CONCRETO CON LA
INCORPORACIÓN DE VIRUTA DE MADERA DE PINO COMO AGREGADO PARA REDUCIR
SU DENSIDAD**

Erick Gustavo López Raxcacó
Asesorado por el Ing. Eder Iván Cano Salazar

Guatemala, julio de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN CONCRETO CON LA
INCORPORACIÓN DE VIRUTA DE MADERA DE PINO COMO AGREGADO PARA REDUCIR
SU DENSIDAD**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ERICK GUSTAVO LÓPEZ RAXCACÓ
ASESORADO POR EL ING. EDER IVAN CANO SALAZAR

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JULIO 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|-------------|-------------------------------------|
| DECANO a.i. | Ing. José Francisco Gómez Rivera |
| VOCAL II | Ing. Mario Renato Escobedo Martínez |
| VOCAL III | Ing. José Milton De León Bran |
| VOCAL IV | Ing. Kevin Vladimir Cruz Lorente |
| VOCAL V | Br. Fernando José Paz González |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

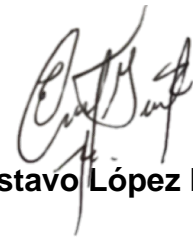
| | |
|------------|---------------------------------------|
| DECANA | Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada |
| EXAMINADOR | Ing. Dennis Salvador Argueta Mayorga |
| EXAMINADOR | Ing. Alejandro Castañón López |
| EXAMINADOR | Ing. Darío Francisco Lucas Mazariegos |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE VIRUTA DE MADERA DE PINO COMO AGREGADO PARA REDUCIR SU DENSIDAD

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería de ingeniería Civil, con fecha mayo de 2020.



Erick Gustavo López Raxcacó

Guatemala 3 de mayo de 2023

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Área de Materiales y Construcciones Civiles
COORDINADOR

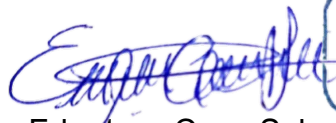
Ingeniero Montenegro

Me dirijo a usted para informarle, que he revisado el trabajo de graduación: **COMPARACION DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN CONCRETO CON LA INCORPORACION DE VIRUTA DE MADERA DE PINO COMO AGREGADO PARA REDUCIR SU DENSIDAD**, elaborado por el estudiante universitario Erick Gustavo López Raxcacó, quien contó con la asesoría de quien suscribe la presente.

Considerando que el trabajo desarrollado por el estudiante Lopez Raxcacó, satisface los requerimientos exigidos en el reglamento de graduación de la Facultad de Ingeniería, por lo cual recomiendo su aprobación.

Atentamente,

"Id y enseñad a todos"



Ing. Eder Ivan Cano Salazar



Colegiado. 16049

ASESOR

Guatemala, 15 de mayo de 2,023

Ingeniero
Armando Fuentes Roca
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Fuentes, Le informo que he revisado el trabajo de graduación “COMPARACION DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN CONCRETO CON LA INCORPORACION DE VIRUTA DE MADERA DE PINO COMO AGREGADO PARA REDUCIR SU DENSIDAD”, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil, Erick Gustavo López Raxcacó, quién contó con la asesoría del Ing. Eder Iván Cano Salazar.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo, doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Civil Hugo Leonel Montenegro Franco
Jefe de área de materiales y construcciones civiles.



LNG.DIRECTOR.143.EIC.2023

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de Área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE VIRUTA DE MADERA DE PINO COMO AGREGADO PARA REDUCIR SU DENSIDAD**, presentado por: **Erick Gustavo López Raxcacó** , procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Armando Fuentes Roca
Director
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala, julio de 2023





Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.539.2023

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE VIRUTA DE MADERA DE PINO COMO AGREGADO PARA REDUCIR SU DENSIDAD**, presentado por: **Erick Gustavo López Raxcacó**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. José Francisco Gómez Rivera

Decano a.i.

Guatemala, julio de 2023

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

| | |
|--------------------|--|
| Dios | Por darme salud, sabiduría y conducirme por el camino correcto y permitirme conseguir esta meta en mi vida. |
| Mi padre | Fidel Aníbal López Álvarez por su apoyo incondicional para alcanzar esta meta. |
| Mis abuelos | Valerio López Castro y María Luisa Álvarez por sus consejos y su apoyo que siempre me dieron (q. e. p. d.). |
| Ingeniero | Eder Iván Cano Salazar por su asesoría y apoyo en todo momento durante la realización de mi trabajo de graduación. |

AGRADECIMIENTOS A:

| | |
|---|--|
| Universidad de San Carlos de Guatemala | Por abrir sus puertas y permitirme alcanzar mi formación profesional. |
| Facultad de ingeniería | Por prepararme y brindarme una formación académica. |
| Mis amigos | Por su apoyo y amistad que me permitió alcanzar esta meta. |
| CII/USAC | En especial a la sección de agregados concretos y morteros por apoyarme en el proceso de mi trabajo de graduación. |
| Inga. Dilma Mejicanos | Por su apoyo y asesoría durante el inicio de mi trabajo de graduación. |

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES | V |
| LISTA DE SÍMBOLOS | IX |
| GLOSARIO | XI |
| RESUMEN | XIII |
| OBJETIVOS..... | XV |
| INTRODUCCIÓN | XVII |
| | |
| 1. CONCRETO..... | 1 |
| 1.1. ¿Qué es el Concreto?..... | 1 |
| 1.2. Concretos de Baja densidad..... | 1 |
| 1.3. Componentes del Concreto | 2 |
| 1.3.1. Cemento | 3 |
| 1.3.2. Agregados | 5 |
| 1.3.2.1. Agregados finos..... | 5 |
| 1.3.2.2. Agregado Grueso | 8 |
| 1.3.3. Agua | 8 |
| 1.3.4. Aditivos | 9 |
| 1.3.4.1. Plastificantes..... | 10 |
| 1.3.4.2. Súper plastificantes | 11 |
| 1.3.4.3. Incorporador de aire | 11 |
| 1.3.4.4. Acelerantes..... | 12 |
| 1.3.4.5. Retardantes | 12 |
| 1.4. Propiedades del Concreto | 12 |
| 1.4.1. Concreto en estado fresco..... | 13 |
| 1.4.1.1. Trabajabilidad del concreto..... | 13 |

| | | |
|----------|--|----|
| 1.4.2. | Concreto en estado endurecido | 14 |
| 1.4.2.1. | Resistencia a la compresión..... | 14 |
| 1.4.2.2. | Resistencia a la flexión..... | 15 |
| 1.4.2.3. | Durabilidad | 15 |
| 1.4.2.4. | Impermeabilidad..... | 16 |
| 2. | MADERAS | 17 |
| 2.1. | Estructura del tronco de un árbol | 17 |
| 2.2. | Factores que afectan el crecimiento de los árboles | 19 |
| 2.3. | Clasificación de las maderas..... | 20 |
| 2.4. | Especies de maderas más utilizadas en Guatemala..... | 21 |
| 2.5. | Proceso de transformación de la madera..... | 23 |
| 2.5.1. | La primera transformación..... | 24 |
| 2.5.2. | La segunda transformación | 25 |
| 2.6. | Utilización de la madera | 25 |
| 2.7. | Subproductos de la madera | 26 |
| 2.8. | Residuos de la madera | 27 |
| 2.9. | Propiedades de la madera | 28 |
| 2.9.1. | Propiedades físicas de la madera | 29 |
| 2.9.2. | Propiedades mecánicas de la madera | 32 |
| 3. | CONCRETOS DE BAJA DENSIDAD..... | 35 |
| 3.1. | Antecedentes | 35 |
| 3.2. | ¿Qué es el Concreto de baja densidad? | 35 |
| 3.3. | Ventajas de un concreto de baja densidad | 36 |
| 3.4. | Usos y aplicaciones..... | 37 |
| 3.5. | Materiales para concreto de baja densidad..... | 37 |
| 3.6. | Concreto con incorporación de viruta de madera..... | 40 |
| 3.6.1. | Investigaciones preliminares | 40 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 3.6.2. | Problema por resolver | 41 |
| 4. | DESARROLLO EXPERIMENTAL | 45 |
| 4.1. | Maquinaria y Equipo | 46 |
| 4.2. | Materiales Utilizados | 50 |
| 4.3. | Análisis completo de los agregados | 53 |
| 4.4. | Diseño teórico para la realización de mezcla de concreto..... | 55 |
| 4.4.1. | Diseño teórico de la mezcla patrón..... | 55 |
| 4.4.2. | Diseño teórico de las mezclas de concreto con la incorporación de la viruta..... | 57 |
| 4.5. | Normas y ensayos aplicados en la elaboración de las mezclas de concreto y preparación y curado de las probeta... | 58 |
| 4.6. | Ensayos del concreto endurecido..... | 68 |
| 4.7. | Recopilación de resultados de ensayos | 78 |
| 5. | COMPARACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS..... | 81 |
| 5.1. | Relación entre las mezclas de concreto fresco y el porcentaje de aire | 81 |
| 5.2. | Relación entre el porcentaje de viruta y el asentamiento en el concreto fresco | 83 |
| 5.3. | Resistencia a la compresión..... | 85 |
| 5.4. | Esfuerzo a flexión en el concreto..... | 91 |
| 5.5. | Resistencia a tracción indirecta..... | 93 |
| 5.6. | Comparación de los pesos de las muestras de concreto a diferentes edades | 95 |
| | CONCLUSIONES | 97 |
| | RECOMENDACIONES..... | 99 |
| | REFERENCIAS | 101 |

ANEXOS..... 105

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|-------------------|--|----|
| Figura 1. | Estructura del tronco de un árbol..... | 18 |
| Figura 2. | Mezcladora de concreto..... | 47 |
| Figura 3. | Moldes para concreto | 48 |
| Figura 4. | Máquina de Compresión Riehle Testing Machines..... | 49 |
| Figura 5. | Máquina de compresión..... | 50 |
| Figura 6. | Cemento uso general UG | 51 |
| Figura 7. | Agregado fino roca caliza | 51 |
| Figura 8. | Agregado grueso | 52 |
| Figura 9. | Viruta de madera | 53 |
| Figura 10. | Medición de temperatura en concreto fresco..... | 59 |
| Figura 11. | Medición del asentamiento del concreto recién mezclado..... | 61 |
| Figura 12. | Determinación de la densidad aparente en el concreto..... | 62 |
| Figura 13. | Contenido de aire del concreto | 64 |
| Figura 14. | Colocación del concreto en los moldes..... | 66 |
| Figura 15. | Curado de las muestras de concreto | 67 |
| Figura 16. | Especímenes de concreto desmoldados listos para ensayo | 68 |
| Figura 17. | Ensayo a compresión de los cilindros de concreto | 70 |
| Figura 18. | Fallas en cilindros de concreto | 70 |
| Figura 19. | Trazo de viga a los tercios de luz | 72 |
| Figura 20. | Vigas medidas y listas para ensayo a flexión | 73 |
| Figura 21. | Ensayo a flexión en viga | 74 |
| Figura 22. | Falla de carga máxima en la viga | 74 |
| Figura 23. | Falla en viga en la sección central..... | 75 |

| | | |
|-------------------|--|----|
| Figura 24. | Ensayo a tracción indirecta en concreto | 76 |
| Figura 25. | Falla en elemento a tracción indirecta | 77 |
| Figura 26. | Relación entre la mezcla y el porcentaje de aire | 82 |
| Figura 27. | Relación entre el porcentaje de viruta y asentamiento | 84 |
| Figura 28. | Comparación de resistencias a compresión | 90 |
| Figura 29. | Comparación del esfuerzo a flexión por cada tipo de mezcla | 92 |
| Figura 30. | Resistencia a tracción indirecta a los 28 días..... | 94 |
| Figura 31. | Comparación de Pesos de las muestras de concreto | 96 |

TABLAS

| | | |
|------------------|--|----|
| Tabla 1. | Graduación del agregado fino | 6 |
| Tabla 2. | Clasificación por módulo de finura | 6 |
| Tabla 3. | Requisitos de Aceptabilidad | 7 |
| Tabla 4. | Contenido de humedad en la madera | 30 |
| Tabla 5. | Proporciones teóricas para la mezcla patrón | 56 |
| Tabla 6. | Cantidad de material requerido | 56 |
| Tabla 7. | Cantidad de viruta requerida | 57 |
| Tabla 8. | Análisis completo del agregado fino | 78 |
| Tabla 9. | Análisis completo del agregado grueso..... | 79 |
| Tabla 10. | Características físicas de la viruta | 80 |
| Tabla 11. | Relación entre mezclas de concreto y porcentaje de aire | 81 |
| Tabla 12. | Relación entre el porcentaje de viruta y el asentamiento | 83 |
| Tabla 13. | Resistencia a la compresión mezcla patrón | 85 |
| Tabla 14. | Resistencia a la compresión mezcla al 3 % de viruta..... | 86 |
| Tabla 15. | Resistencia a la compresión mezcla al 5 % de viruta..... | 87 |
| Tabla 16. | Resistencia a la compresión mezcla al 10 % de viruta..... | 88 |
| Tabla 17. | Comparación de resistencias a compresión..... | 89 |
| Tabla 18. | Esfuerzo a flexión del concreto por cada mezcla de concreto..... | 91 |

| | | |
|------------------|---|----|
| Tabla 19. | Comparación de la resistencia a tracción indirecta..... | 93 |
| Tabla 20. | Comparación de pesos de las muestras de concreto | 95 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|-----------------------|---------------------------------|
| cm | Centímetros |
| cm² | Centímetros cuadrados |
| cm³ | Centímetros cúbicos |
| °C | Grados Centígrados |
| Kg | kilogramos |
| lb | libras |
| PSI | libras sobre pulgadas cuadradas |
| m | metros |
| m² | metros cuadrados |
| M.R. | módulo de ruptura |
| P.U. | peso unitario |
| Pt | pie tablar |
| % abs | porcentaje de absorción |

GLOSARIO

| | |
|----------------------|--|
| Adherencia | Atracción molecular entre las superficies de dos cuerpos opuestos en contacto. |
| Aglomerante | Material usado para unir otros materiales. |
| Agregado | Material granular de composición mineralógica como la arena y grava. |
| ASTM | American Society for Testing and Materials. |
| Ductilidad | Capacidad de un material para deformarse sin romperse. |
| Fraguado | Proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad del concreto. |
| Granulometría | Es la medición y graduación que se lleva a cabo de los granos de un agregado. |
| Heterogéneo | Que está formado por elementos de distinta clase. |

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación, se estudió el comportamiento y desarrollo de un concreto de baja densidad por medio de la incorporación de viruta de madera de pino, se realizaron cuatro diseños de mezclas, una mezcla de referencia o patrón y tres modificadas con viruta de madera en porcentajes de 3 %, 5 % y 10 % respecto al peso del cemento.

Para determinar la influencia de la fibra en el concreto se analizó el comportamiento de este en estado fresco y endurecido, a través de los ensayos de aceptación del concreto fresco y determinación de las propiedades mecánicas de resistencia con la realización de ensayos a las edades de 3, 7 y 28 días, donde se determinó la resistencia a compresión, la resistencia a tracción indirecta y la resistencia a flexión de cada grupo de muestras.

Se analizó y se comparó las propiedades mecánicas respecto a la mezcla patrón con las mezclas modificadas con la adición de la viruta de madera, los resultados de los ensayos reflejaron que las adiciones de viruta de madera en las mezclas de concreto disminuyen el peso del concreto, pero modifican sus propiedades mecánicas, ya que se disminuye su resistencia a compresión, disminuye la resistencia a tracción, por tanto, disminuye la resistencia a flexión.

Además, afecta la trabajabilidad del concreto fresco requiriendo más cantidad de agua lo que afecta de manera directa la resistencia.

Por lo tanto, la adición de viruta de madera no es viable para su uso en concreto estructural, pero si se puede considerar su uso en elementos no

estructurales como paneles o divisiones livianas y de esta manera aprovechar la característica que brinda este tipo de material.

OBJETIVOS

General

Analizar y comparar las propiedades mecánicas de un concreto con la incorporación de viruta de madera de pino como adición para reducir su densidad.

Específicos

1. Determinar la viabilidad de la adición de materiales alternativos en mezclas de concreto para mejorar o modificar sus características y como estos pueden impactar en la elaboración de concreto y en su desempeño.
2. Analizar las propiedades mecánicas de un concreto con la incorporación de distintos porcentajes de viruta de madera.
3. Determinar si la incorporación de viruta de madera permite obtener un concreto de baja densidad y que este cumpla a la vez con los requisitos para su uso en la construcción obteniendo así un material alternativo y económico.
4. Proponer el uso de la viruta de madera como material alternativo para obtener un concreto de baja densidad ya que se trata de un proceso en el que no es necesario la introducción de aditivos químicos lo cual impacta positivamente al medio ambiente.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad una de las tendencias de la construcción sigue la línea de estructuras livianas ya que estas se caracterizan por su bajo costo, fácil manipulación, rápido montaje entre otros. Tomando esto como punto de partida y dado que actualmente existen muchos tipos de estructuras en los cuales no se requiere un concreto de resistencia estructural, un concreto de baja densidad puede satisfacer la resistencia requerida con la ventaja de tener un menor peso en la estructura.

Por lo tanto, la presente investigación propone un tipo de concreto que al incorporarle vacíos por medio del uso de un material liviano como lo es la viruta de madera permita obtener un concreto de baja densidad con las resistencias aceptables y que este a su vez cumpla con las especificaciones técnicas para este tipo de materiales sin utilizar otro tipo de aditivo existente en el mercado y de esta manera permita:

- La introducción de nuevos materiales que sean livianos para uso en la construcción.
- Un ahorro en ejecución de la obra.
- Utilizar la viruta de madera de manera adecuada sin contaminar el medio ambiente, ya que actualmente en la industria maderera este tipo de material está siendo eliminado por incineración o mediante disposición en el suelo.
- Crear un concreto más ecológico, amigable con el medio ambiente y que a su vez cumpla con todas las especificaciones técnicas actuales para su uso en la construcción.

1. CONCRETO

1.1. ¿Qué es el Concreto?

El concreto es el material más utilizado en la construcción, es diseñado y producido de acuerdo con normativas actualizadas y requerimientos para un determinado proyecto.

Básicamente el concreto es una mezcla homogénea compuesta de cemento que actúa como aglomerante, agregados pétreos o artificiales, agua y aditivos que mejoran sus características.

Una de las principales características que tiene el concreto es que en estado fresco el concreto nos permite su fácil colocación adoptando la forma de los moldes en el cual es colocado, y en estado endurecido permite obtener elementos resistentes y durables que cumplan con la función para la cual fueron diseñados, además que permite ser optimizado ofreciendo economía en un determinado proyecto.

1.2. Concretos de Baja densidad

En la actualidad el concreto y su tecnología ha evolucionado a nuevos niveles, desde resistencias altas a temprana edad, concretos resistentes a los sulfatos, concretos para climas extremos entre otros. De acuerdo al tipo de estructura se requiere un tipo de adecuado de concreto que cumplan con los requerimientos de un determinado proyecto permitiendo una estructura resistente y durable.

Una de las características que más se busca en el concreto es el bajo peso ya que esto permite obtener estructuras más livianas.

El concreto de baja densidad, es un concreto con un peso por metro cubico menor al de un concreto normal, de esta manera permite reducir el peso propio de la estructura (peso muerto), pero con la resistencia y propiedades mecánicas de un concreto normal.

Entre los usos actuales podemos mencionar:

- Muros divisorios que requieran aislamiento térmico
- Losas donde se requiera disminuir la carga muerta de la estructura
- Placas aligeradas de cubierta
- paneles prefabricados de concreto

1.3. Componentes del Concreto

Para obtener una buena dosificación del concreto se requiere de conocimiento, experiencia y adecuado criterio con el fin de alcanzar la resistencia requerida.

También depende de la calidad de los agregados, de los cementos, del agua y de los aditivos. Por tanto, es necesario conocer las características que deben de cumplir cada uno de estos componentes.

1.3.1. Cemento

El cemento hidráulico es un polvo fino que se obtiene de la calcinación a 1450 °C de una mezcla de piedra caliza, arcilla y mineral de hierro.

El producto del proceso de calcinación es el Clinker, que se muele finamente con yeso para producir el cemento. también durante este proceso se le agregan otros químicos que mejoran sus características, pero esto depende del tipo de cemento que se requiera.

Ya que el cemento es susceptible a los ambientes húmedos es importante que el cemento se utilice dentro de los 60 días después de la fecha de envasado ya que esto asegura la calidad de este.

La norma técnica guatemalteca define y clasifica por su desempeño los siguientes tipos de cementos hidráulicos:

- **TIPO UG**

Cemento portland con adición de puzolana natural y se clasifica como cemento para uso general en la construcción pudiéndose utilizar en la elaboración concreto mezclado en obra y en la elaboración de morteros de diferentes tipos.

- **TIPO ARI**

Alta resistencia inicial, para la prefabricación o de elementos estructurales que requieran desencofrado y desmontado rápido por ejemplo preesforzados, prefabricados en general, fundición de columnas de puentes entre otros.

- TIPO DLR

Desarrollo lento de resistencia para la estabilización de suelos, concreto compactado con rodillo, para pavimentos, presas.

- TIPO MRS

Moderada resistencia a los sulfatos para concretos en aguas o terrenos que contienen sulfatos, concretos en aguas o ambientes marinos y concretos expuestos a concentraciones moderada de sulfatos de calcio, sodio y magnesio en aguas o suelos, por ejemplo, en las zonas costeras.

- TIPO ARS

Alta resistencia a los sulfatos, para concretos en aguas y terrenos que contienen sulfatos, concretos en aguas marinas o en ambientes marinos y concretos expuestos a concentraciones altas de sulfato de calcio sodio y magnesio, en aguas o suelos, por ejemplo, edificaciones a orillas del mar muelles, entre otros.

- TIPO MCH

Moderado calor de hidratación para obras de concreto masivo susceptibles de fuertes retracciones por variaciones térmicas y peligro de fisurarse como presas, estribos, cimentaciones, muros gruesos y grandes losas así también para concreto normal en ambientes muy calurosos.

- TIPO BCH

Bajo calor de hidratación, se utiliza cuando interesa que el concreto desarrolle poco calor a partir de la hidratación del cemento, como es el caso de las presas de concreto, bases de grandes dimensiones y otras construcciones masivas.

1.3.2. Agregados

En el concreto los agregados suelen representar entre un 60 y un 75 por ciento de un determinado volumen de concreto, por lo tanto, es importante conocer las propiedades de estos ya que tienen una gran influencia en el comportamiento de la mezcla y la resistencia.

Los agregados se clasifican en finos y gruesos:

1.3.2.1. Agregados finos

Estos pueden ser de origen natural como depósitos geológicos o en las cuencas de ríos o bien de origen artificial provenientes de cantera por desintegración de las rocas, se determina como agregado fino los agregados cuyas partículas pasan el tamiz no.4 (4.75 mm).

El agregado fino debe de estar graduado dentro de los límites indicados en la siguiente tabla.

Tabla 1.*Graduación del agregado fino*

| AGREGADO FINO | | |
|-------------------------|--|---|
| TAMIZ | PORCENTAJE QUE PASA ARENA NATURAL | PORCENTAJE QUE PASA ARENA DE CANTERA |
| 9.5 mm (3/8") | 100 | 100 |
| 4.75 mm (No. 4) | 95 a 100 | 95 a 100 |
| 2.36 mm (No. 8) | 80 a 100 | 80 a 95 |
| 1.18 mm (No.16) | 50 a 85 | 45 a 95 |
| 600 µm (No. 30) | 25 a 60 | 25 a 75 |
| 300 µm (No. 50) | 5 a 30 | 10 a 35 |
| 150 µm (No. 100) | 0 a 10 | 8 a 20 |

Nota. Graduación del agregado fino. obtenido de NTG 41007 (2017). *Agregados para concreto especificaciones.* (p. 8.) Coguanor.

La norma también nos indica que el módulo de finura no debe de ser menor a 2.3 ni mayor a 3.1, también podemos clasificar los tipos de arena de acuerdo por su módulo de finura como indica la siguiente tabla.

Tabla 2.*Clasificación por módulo de finura*

| AGREGADO FINO | |
|----------------------|-------------------------|
| Tipo de arena | Módulo de finura |
| Gruesa | 2.9-3.2 |
| Media | 2.2-2.9 |
| Fina | 1.5-2.2 |
| Muy fina | 1.5 |

Nota. Graduación del agregado fino. obtenido de NTG 41007 (2017). *Agregados para concreto especificaciones.* (p. 8.) Coguanor.

La presencia de materia orgánica en el agregado fino para el concreto puede ser perjudicial ya que estas pueden afectar la hidratación adecuada del cemento y como consecuencia obtener una baja resistencia en el concreto.

La norma NTG 41010 h4 establece el método para la determinación de materia orgánica en el agregado fino para concreto, y consiste en un ensayo para determinar aceptabilidad de los agregados finos con respecto a los requisitos de la especificación NTG 41007 (C33/C33M) relacionados con la materia orgánica.

Tabla 3.

Requisitos de Aceptabilidad

| No. De color estándar de Gardner | No. De placa Orgánica |
|----------------------------------|-----------------------|
| 5 | 1 |
| 8 | 2 |
| 11 | 3 (estándar) |
| 14 | 4 |
| 16 | 5 |

Nota. Aceptabilidad de la materia orgánica. obtenido de NTG 41010 h4 (2017). *Determinación de la materia orgánica.* (p. 7.) Coguanor.

Cuando una muestra sometida a un ensayo produce un valor más oscuro que el valor estándar indicado en la tabla anterior se recomienda realizar un ensayo para determinar el efecto de la materia orgánica sobre la resistencia del concreto.

1.3.2.2. Agregado Grueso

Al igual que el agregado fino este puede ser de origen natural o artificial provenientes de la trituración de las rocas, también se pueden clasificar por su forma como es la grava de canto rodado que se encuentra en los ríos o bien grava de forma prismática proveniente de las canteras.

También se puede clasificar por su tamaño y es aquel que queda retenido en el tamiz no.4 (4.75 mm), este agregado debe de ser limpio y sin materia extraña que pueda perjudicar la mezcla de concreto.

La granulometría de los agregados gruesos debe de cumplir con los requisitos indicados en tabla no.2 de la norma NTG 41007.

Respecto a las sustancias perjudiciales y requisitos de propiedades físicas debe de cumplir con la tabla no. 3 de la norma NTG 41007.

Se debe tener en cuenta que el agregado grueso debe de estar graduado dentro de los límites indicados en la norma ya que esto permite que haya menos espacios vacíos en un volumen de concreto reduciendo la pasta cemento necesaria por lo tanto se reduce los costos en un proyecto.

1.3.3. Agua

El agua que se utiliza en una mezcla de concreto tiene dos funciones una es iniciar la reacción química del cemento y la restante tiene la función de darle la trabajabilidad a la mezcla de concreto, de ahí la importancia de controlar la relación agua cemento, cuando la relación agua cemento aumenta la resistencia disminuye es decir hay demasiada agua, por lo contrario cuando la relación agua

cemento disminuye sabemos que tenemos el agua necesaria para que se puede llegar a la resistencia requerida del concreto.

Siempre hay que considerar la cantidad de agua que tengan los agregados a la hora de realizar la mezcla de concreto, aunque es preferible que los agregados se encuentren en la condición seco saturado.

En la Norma NTG 41073 inciso 4.2 nos permite el uso de agua potable sin necesidad de ensayarla para el uso en la mezcla de concreto, también nos permite agua compuesta es decir agua potable con agua no potable siempre y cuando cumpla con los requisitos del cuadro 1 y cuadro 2 de esta norma.

1.3.4. Aditivos

Los aditivos se le agregan al concreto en la etapa de mezclado con el objeto de mejorar las propiedades de este, ya sea en estado fresco o estado endurecido. Aunque no es necesario tomar en cuenta los aditivos en un diseño de mezcla es adecuado su uso cuando se requiere un concreto que cumpla ciertos requisitos y especificaciones de un determinado proyecto, ya que las propiedades logradas mediante el uso de aditivos en muchos casos no se pueden lograr con un diseño de mezcla, aunque esto contribuye a obtener un concreto no tan económico.

Usos y ventajas de los aditivos:

- Incrementar la trabajabilidad, sin cambiar el contenido de agua.
- Reducir el contenido de agua, sin cambiar la trabajabilidad.
- Ajustar el tiempo de fraguado.
- Reducir la segregación.

- Mejorar el bombeo.
- Acelerar la tasa de desarrollo de resistencia a edades tempranas.
- Incrementar la resistencia.
- Mejorar la durabilidad y reducir la permeabilidad.

En Guatemala las normas que regulan los aditivos para concreto son NTG 41069, NTG 41047, NTG 41070 Y NTG 41044 en estas normas se encuentran clasificados y detalladas características que deben cumplir cada uno.

Básicamente podemos clasificar los aditivos de acuerdo con el efecto en el concreto en:

1.3.4.1. Plastificantes

Los plastificantes o agentes reductores de agua se absorben en la superficie de las partículas de los aglomerantes haciendo que se repelan entre sí, lo cual da como resultado una mejora en la trabajabilidad y proporciona una distribución más uniforme de las partículas del aglomerante a través de la mezcla.

Usos:

- Los plastificantes usualmente incrementan el revenimiento del concreto.
- Los plastificantes pueden reducir la proporción de agua de una mezcla de concreto para una trabajabilidad dada.
- La adición de un plastificante posibilita alcanzar una resistencia dada con un menor contenido de cemento.
- Los plastificantes mejoran el bombeo del concreto.

1.3.4.2. Súper plastificantes

Estos aditivos son químicamente distintos de los plastificantes normales y aunque su acción es casi la misma, es más marcada, ya que cuando se produce concreto fluido puede esperarse una pérdida rápida de trabajabilidad, por tanto, éstos deben ser agregados justo antes de la colocación.

Usos:

- En áreas de mayor congestionamiento de refuerzo.
- En donde una consistencia autonivelante facilita la colocación.
- Para concreto de alta resistencia, disminuyendo la relación agua cemento como resultado de reducir el contenido de agua.

1.3.4.3. Incorporador de aire

Estos introducen aire en forma de diminutas burbujas de modo uniforme a través de toda la pasta cemento.

Usos:

- En donde se requiera una resistencia mejorada del concreto endurecido contra los daños causados por congelación y deshielo.
- Para una trabajabilidad mejorada, en especial, en mezclas gruesas o pobres.
- Para reducir la segregación, sobre todo cuando una mezcla tiene un déficit de finos.

1.3.4.4. Acelerantes

Estos aceleran la reacción química del cemento y el agua acelerando el fraguado de esta manera llegando a la resistencia requerida a edades tempranas.

Usos

- Cuando se requiere de fraguado rápido y altas resistencias tempranas.
- Cuando se requiere la reutilización rápida de encofrados.
- Cuando se desea aumentar ritmo en la ejecución de un proyecto.

1.3.4.5. Retardantes

Estos disminuyen la velocidad de la reacción química del cemento y el agua conduciendo a tiempos más largos de fraguado.

Usos

- Cuando se coloca el concreto en clima caliente, en particular cuando el concreto es bombeado.
- Para evitar juntas frías debido a la duración de la colocación.
- Cuando el concreto debe transportarse durante un largo tiempo.

1.4. Propiedades del Concreto

El concreto consta de dos etapas el estado fresco y estado endurecido teniendo en cada una de estas tiene propiedades físicas y mecánicas.

1.4.1. Concreto en estado fresco

El concreto fresco tiene una consistencia plástica, durante la etapa de mezclado un buen diseño de mezcla, la calidad de los agregados, la selección del tipo de cemento y una adecuada relación agua cemento nos asegura un buen concreto, por tanto, es de esperarse que esta etapa sea crítica para obtener el concreto con la resistencia y durabilidad requerida.

1.4.1.1. Trabajabilidad del concreto

Se puede definir la trabajabilidad como la capacidad que tiene el concreto para ser transportado, colocado, vibrado y terminado en su posición final cuando está en su estado fresco.

Uno de los ensayos más utilizados actualmente para medir trabajabilidad es el ensayo de revenimiento o asentamiento (slump), este ensayo este listado en la Norma NTG 41052 y está indica el procedimiento para para determinar el asentamiento de concretos de cemento hidráulico.

Como sabemos tener un concreto trabajable nos da la idea del estado de un concreto fresco, pero también hay varios factores que influyen en la trabajabilidad de un concreto como lo son:

- La relación agua cemento
- Graduación de los agregados
- Origen de los agregados
- Contenido de aire
- Forma y textura de los agregados
- Aditivos que se incorporan

- Condiciones del clima
- Condiciones de producción y colocación

1.4.2. Concreto en estado endurecido

Luego del mezclado, colocado y vibrado, el concreto en estado fresco empieza a perder su plasticidad adoptando la forma del encofrado donde fue colocado dando inicio a su endurecimiento, a este proceso se le conoce como fraguado.

Durante el proceso de fraguado del concreto es de vital importancia el curado de este ya que esto mantiene la temperatura y humedad adecuada, evitando de esta manera micro fisuras o grietas que se puedan formar en el concreto ya endurecido ya que estas pueden afectar la resistencia y durabilidad de este.

El concreto en estado endurecido adquiere propiedades mecánicas que son las que nos permiten obtener elementos resistentes y durables, las cuales se mencionan a continuación:

1.4.2.1. Resistencia a la compresión

Cuando termina la etapa de fraguado inicial del concreto este comienza su proceso de fraguado final y su resistencia aumenta en el tiempo, generalmente este alcanza su resistencia máxima a los 28 días.

Esta resistencia que adquiere el concreto es una propiedad mecánica en su estado endurecido y es el esfuerzo máximo ($f'c$) que puede soportar bajo una

carga de compresión, de ahí que sea el principal parámetro que se utiliza para el diseño y control de calidad del mismo.

La resistencia a compresión se obtiene del ensayo del promedio de la resistencia obtenida de dos cilindros de concreto y se calcula dividiendo la carga entre el área de la cara circular del cilindro, la resistencia obtenida debe de cumplir el requerimiento para el elemento a construir.

1.4.2.2. Resistencia a la flexión

También llamado módulo de ruptura (MR) y es la propiedad principal para el diseño de elementos sometidos a flexión, tales como pavimentos o pisos, el módulo de ruptura se obtiene del ensayo de una viga de concreto con una sección transversal de 36 pulgadas cuadradas y un claro de 18 pulgadas de largo cargada en sus tercios del claro de acuerdo a la Norma ASTM C-78, el módulo de ruptura se calcula mediante la división del producto de la carga máxima aplicada y la distancia de los apoyos entre el producto del ancho y la altura de la viga.

1.4.2.3. Durabilidad

Es la propiedad que tiene el concreto para mantener sus características durante su tiempo de servicio, este debe de resistir la acción de la intemperie, ataques químicos, abrasión y cualquier otro proceso que produzca el deterioro de este.

1.4.2.4. Impermeabilidad

El deterioro del concreto está relacionado por agentes agresivos que entran al concreto por medio del agua desde el exterior a través de los poros o grietas que se forman durante el endurecimiento del concreto o durante el tiempo de uso de la estructura.

Así también el agua que logra penetrar al interior del concreto endurecido puede activar agentes que ya están presentes en este, por esta razón entre más permeable sea un concreto más fácil será que este se dañe provocando pérdida de resistencia aumentando la fisuración lo que lleva a un deterioro acelerado.

2. MADERAS

La madera es un material orgánico heterogéneo, está constituido por fibras de celulosa orientadas en dos sentidos formando un tipo de tejido.

En el sentido perpendicular a la sección del árbol se forman capas de fibras de celulosa que constituyen entre el 50 y 60 por ciento y están pegadas por lignina que constituyen entre el 20 y 35 por ciento, esta combinación aporta la resistencia principal del árbol.

Las paredes de las fibras están constituidas de hidrato de carbono o derivados de la misma, la celulosa se incrusta en la lignina y hace que esta sea resistente.

La mayoría de las fibras de la madera están orientadas en el sentido vertical, pero algunas están orientadas en el sentido transversal para servir como refuerzo en contra de la diseminación de las fibras verticales bajo la carga natural de compresión en el tronco del árbol.

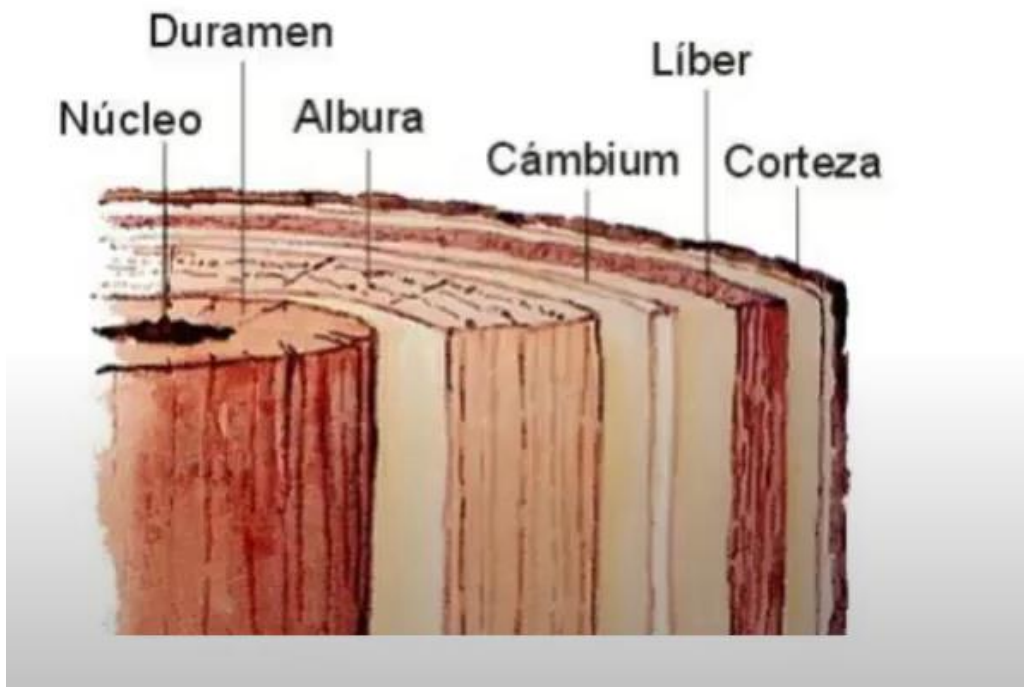
Conforme crece el árbol, las células de la madera en la parte central cesan de funcionar como células vivientes y se vuelven parte del duramen del árbol, así también | aumenta el tamaño del árbol aumenta de espesor del duramen.

2.1. Estructura del tronco de un árbol

El crecimiento de un árbol es en capas concéntricas de fibras tanto en el exterior de la madera y bajo la corteza.

Figura 1.

Estructura del tronco de un árbol



Nota: Estructura interna del tronco de un árbol. Obtenido de L. Barrientos (2023). *La madera* (<http://luismibarríos.blogspot.com/p/partes-del-tronco-del-arbol.html>), consultado el 27 enero 2023. De dominio público.

- Núcleo
La medula o núcleo generalmente es de pequeño diámetro y no aumenta su tamaño después del primer año.
- Duramen
Es la capa inmediata a la medula, es un tejido leñoso que tiene mayor densidad y resistencia.

- **Albura**
Es el tejido leñoso más reciente posee mayor vitalidad y cantidad de savia, se conoce como el elemento vivo del árbol y este varia en tamaño con la edad y la especie.
- **Cambium**
Es una capa blanda por la circula la savia que se va a convertir parte en madera y parte en Líber.
- **Líber**
Es una capa muy fina que transporta los nutrientes elaborados mediante la fotosíntesis.
- **Corteza**
Es la capa externa del árbol compuesta principalmente de células muertas y protege a las demás capas de la intemperie, agentes externos, insectos o animales.

2.2. Factores que afectan el crecimiento de los arboles

Los cambios de estaciones en climas templados producen dos etapas de crecimiento, uno rápido llamado madera de primavera y otro lento llamado madera de verano.

- Las células de primavera son de paredes delgadas y porosas dan árboles resinosos y de madera blanca frondosos o de hoja blanca.
- Las células de verano son de pared gruesa de estructura cerrada relativamente compactada, resistente y de color más acentuado.

Estas etapas forman los anillos de crecimiento que mencionamos anteriormente, en los países de zonas templadas marcan periodos de crecimiento anual, en los tropicales los anillos son de capas de estación seca y lluviosa.

Entre los factores que afectan el crecimiento de los árboles están:

- Especie del árbol
- Exposición al clima
- Fertilidad del suelo
- Tipo de suelo
- Su cercanía a otras especies de arboles

2.3. Clasificación de las maderas

De acuerdo con el sistema de crecimiento las podemos dividir en dos grupos:

Exógenas son aquellas cuyo crecimiento es por capas sucesivas lo que aumenta el diámetro de su sección es decir una nueva capa de madera sobre la anterior, casi todas las clases de madera comercialmente importantes proceden de árboles exógenos además estos poseen mejor resistencia y durabilidad.

Endógenas son aquellas cuyo desarrollo produce un desplazamiento de viejas fibras por nuevas fibras longitudinales, sus troncos crecen principalmente de longitud, entrelazando la nueva fibra con la vieja fibra, entre estas podemos mencionar el bambú.

En función de la forma de sus hojas podemos clasificar los árboles en:

- Frondosos que son de hoja ancha u hoja caduca
- Coníferas que son de hoja delga u hoja persistente

2.4. Especies de maderas más utilizadas en Guatemala

El clima y la geografía de las diferentes regiones permite el crecimiento de diferentes especies de árboles, aunque son varias entre las principalmente comerciales tenemos:

- Caoba (*Swietenia Macrophylla*)

Es una madera dura medianamente pesada, cuyo duramen es color rojizo o marrón los cuales profundizan con el tiempo, su albura es de color blanco, característica visual es textura fina y fibras pequeñas y rectas.

Esta especie de madera se localiza en los bosques tipo húmedo o muy húmedo en los departamentos de Petén, Izabal, alta Verapaz y en costa sur del país.

- Cedro (*Cebrela Adorata*)

Es una madera medianamente suave y más liviana, su duramen es color rojizo o marrón claro y sus alburas color rosado, su característica visual es textura fina y fibras más grandes que las de la caoba, esta especie de madera se localizan de la zona norte de los departamentos del Petén, Izabal, parte de Alta Verapaz y El Quiché, así también en la costa sur del país.

- Conacaste (*Enterolobium Cyclocarpum*)

Es una madera color marrón con tintes rojizos, este tiene una textura regular, es una madera pesada y dura que resiste a golpes. Su albura es de color blanco y está nítidamente diferenciado del duramen de color marrón con un veteado suave, esta especie se puede localizar con más frecuencia en un clima húmedo subtropical, especialmente en la costa sur de Guatemala.

- Santa María (*Calophyllum Brasiliense*)

En esta madera su duramen es de color rosado o café rojizo y marcado con franjas más finas y levemente oscuras, tiene una textura regular con fibras marcadas y grandes, esta madera se puede encontrar en los departamentos de Petén y Alta Verapaz.

- Palo Blanco (*Roseodendron Donnell Smithii*)

Es una madera de color amarillento con tonalidades blancas no hay distinción definida entre la albura y el duramen, tiene textura media y es ligeramente pesada. Esta madera se puede encontrar en varios departamentos de Guatemala como Santa Rosa, San Marcos y Jalapa.

- Cipres (*Cupressus Lusitanica* Miller)

Es una madera de duramen color marro pálido y albura clara, es de textura fina es moderadamente liviana y de fibra delgadas. Esta especie se puede encontrar en los departamentos de Guatemala, Huehuetenango, San Marcos, Quetzaltenango Sacatepéquez, Jalapa y Quiché.

- Pino del Petén (*Pinus Caribaea* Morelet)

Es una madera de duramen color amarillento, textura rústica y contiene abundante resina lo que le da buena resistencia a la intemperie, esta madera se puede encontrar en el departamento del Petén, al este de Alta Verapaz y el norte de Izabal.

- Pino colorado (*Pinus oocarpa* Schiede)

Es una madera de duramen color rojizo amarillento, textura rústica y contiene abundante resina, se encuentra en la mayoría de los departamentos de occidente como en los departamentos de Santa Rosa y El Progreso.

- Pino Blanco (*Pinus Ayacahite*)

Esta madera es de duramen color blanco amarillento, textura rústica, liviano y moderadamente suave. Esta especie regularmente se encuentra en el occidente del país y es la madera que más se explota comercialmente.

2.5. Proceso de transformación de la madera

Desde su aprovechamiento forestal la madera recorre un camino de transformación hasta convertirse en una diversidad de productos, a este camino se le conoce como proceso de transformación de la madera.

Cuando hablamos del proceso de transformación de la madera es necesario dividirla en dos fases:

2.5.1. La primera transformación

La industria de la primera transformación es aquella que partiendo de los troncos obtiene un producto de madera con valor comercial lista para poderla usar y fabricar una diversidad de productos, para lo cual lleva un proceso que se detalla a continuación:

- Estudio de explotación forestal: con base en un estudio previo asiendo de esta una fase segura y sostenible inicia la explotación forestal.
- Tala: consiste en cortar los árboles en su base en el lugar donde se encuentran.
- Poda: es la etapa en la que se eliminan todas las ramas y se deja solamente el tronco.
- Transporte: ya que se utiliza maquinaria especial para el aserrado de los árboles es necesario llevar los troncos a su lugar donde serán aserrados.
- .
- Descortezado: es la etapa mediante la cual se elimina la corteza de los troncos.
- Aserrado: es la etapa mediante la cual se cortan los troncos en trozas a manera de aprovechar lo máximo del tronco, durante esta etapa se puede determinar diferentes dimensiones de trozas de un tronco a manera de facilitar su comercialización de acuerdo al uso que se le vaya a dar.

2.5.2. La segunda transformación

La segunda industria de transformación es aquella que se dedican a obtener un producto final para posteriormente ser vendido al consumidor final.

En esta segunda industria podemos encontrar aserraderos (ventas de madera) los cuales a escala menor cortan las trozas en diferentes dimensiones para obtener tablas, tablones, tablacillos, paralelos entre otros. La cual es secada, tratada y cepillada para su posterior uso.

Entre los usos finales de la madera podemos mencionar:

- En la construcción
- Carpintería fina y ebanistería
- Transporte de productos

2.6. Utilización de la madera

Cómo se mencionó la madera tiene diferentes usos entre los cuales podemos mencionar:

- Uso en la Construcción: la madera es muy utilizada en la construcción por ejemplo para estructuras temporales como lo son los andamios, encofrados entre otros. y también las estructuras permanentes como techos, artesonados, terrazas españolas, pisos de madera, pérgolas hasta llegar a construir casas o estructuras de madera. La madera que más se utiliza en la construcción es el pino ya que es la madera más económica.

- Carpintería final y Ebanistería: el uso que se le da a la madera es fabricación de puertas, cocinas, ventanearía, muebles de toda clase, así como todos los acabados internos pisos de madera y machimbres para techos. Las maderas que más se utilizan en esta etapa es la caoba y cedro siendo las más finas y costosas, también el palo blanco y el conacaste siendo más económicas, aunque también se puede utilizar el pino, pero este destinado a la economía.
- Transporte de productos: la madera más utilizada para transporte de productos es el pino por su economía y que se obtiene relativamente fácil y se utiliza para fabricar cajas y tarimas, entre otros., que sirven para proteger y transportar otros productos.

2.7. Subproductos de la madera

Con el objeto de utilizar al máximo la madera obtenida se han ido creando diferentes tipos de materiales derivados de la madera entre los que podemos mencionar:

- Tableros de reglillas: se trata de la unión de varias reglas de madera unidas por pegamento con el objeto de formar un solo tablero, las medidas usualmente pueden ser de 2.40x1.20 m x por el grosor deseado.
- Tablero tricapa: es un tablero formado por tres de tableros de reglas cuya orientación de cada capa es en dirección perpendicular a la fibra de la capa anterior, las capas son unidas con pegamento y la forma en que se unen lo vuelve un tablero resistente.

- Chapa: es una capa delgada de madera que se obtiene de un tronco, generalmente la madera es preciosa con el objeto de cubrir otros materiales más económicos con el objeto de asemejar un material de madera natural.
- Madera contrachapada: es un tipo de tablero formado por finas chapas de madera pegadas con las fibras transversales con resinas sintéticas mediante calor y fuerte presión. Generalmente se encuentra en medidas de 2.40 m x 1.20 m grosores que van desde 3 mm hasta 25 mm.
- Aglomerante: es un tablero formado por residuos de madera triturados, pegados y prensados su precio es relativamente económico, aunque son pesado. Generalmente se encuentran en medidas de 2.40 m x 1.20 m con espesores de 5 mm hasta 25 mm.
- MDF: es un tablero formado con polvo de madera presado a alta presión es muy pesado es de textura lisa y homogénea, se puede encontrar en medidas de 2.40m x 1.20m así también 2.40 m x 1.80 m cuyos espesores varían desde los 5mm hasta los 30 mm.

Todos estos subproductos de la madera que se mencionaron se utilizan para hacer muebles de manera para que la fabricación sea un poco más económica.

2.8. Residuos de la madera

Durante el proceso de transformación de la madera principalmente en la etapa de corte y cepillado se genera grandes cantidades de residuos que regularmente se utilizan para hacer otro tipo de materiales derivados de la

madera como vimos anteriormente, aunque la mayoría es desperdiciada, estos residuos son:

- Aserrín de madera

Este se obtiene del aserrado de la madera o sea desde el corte del tronco hasta el cortado de la troza en tablas, tablones, paraleles, entre otros. El aserrín está formado por partículas de madera que tienen forma de grano de textura suave muy liviano, el color y olor varía de acuerdo con el tipo de madera.

- Viruta de madera

Después del aserrado de la madera es necesario dar una medida más exacta a las piezas cortadas con el fin de poderla comercializar, este proceso se hace por medio del cepillado de la madera.

La viruta la podemos encontrar en dos formas distintas una es forma de hoja fina y risada que proviene del cepillado industrial esta es muy ligera y flexible.

La otra forma es en tiras anchas y alargadas de espesor fino que provienen del cepillado de la madera con un cepillo manual, este tipo de viruta es el que se obtiene de la carpintería fina.

2.9. Propiedades de la madera

Cada especie de árbol posee propiedades únicas que la diferencia unas de las otras y es esta diversidad la que la convierte en un material para diferentes usos en la construcción tanto en interiores como en exteriores.

Las propiedades de la madera se clasifican en dos grupos:

- Propiedades físicas de la madera
- Propiedades mecánicas de la madera

2.9.1. Propiedades físicas de la madera

Estas propiedades varían de acuerdo con la especie del árbol.

- Contenido de humedad

El agua en la estructura del tronco de un árbol se encuentra en forma saturada y en forma libre, el agua saturada esta retenida en membranas higroscópicas de las células del árbol y el agua libre está contenida en los vacíos intercelulares de las paredes de las células.

La húmeda en el tronco de un árbol varía desde el Líber hasta la medula habiendo mayor concentración de humedad en la albura que el duramen.

La humedad de la madera se calcula así:

$$H = \frac{PESO HUMEDO - PESO SECO}{PESO SECO} \times 100$$

Los porcentajes de humedad de la madera varían de acuerdo con el ambiente de la siguiente manera:

Tabla 4.*Contenido de humedad en la madera*

| Tipos de ambiente | Grado de humedad en porcentaje (%) |
|--|---|
| Madera saturada es aquella que alcanzado el punto de saturación de la fibra y esta se encuentra en un ambiente de contacto directo con el agua. | mayor de 30 |
| Madera semiseca se encuentran en ambiente húmedo | 23-30 |
| comercialmente seca regularmente se encuentra en los aserraderos | 22-18 |
| madera secada al aire es la humedad que tiene la madera normalmente después de ser aserrada | 17-13 |
| comercialmente deseada es la que ha sido secada al horno en un proceso controlado y correctamente almacenada, regularmente es de uso en la construcción para estructuras de madera ya que en este estado tiene la mejor resistencia y ductilidad deseada | 12-15 |
| madera seca con un porcentaje bajo de humedad la vuelve inestable propensa a la ruptura abrupta ya que pierde la ductilidad | Menor de 10 |

Nota. Resumen de los diferentes estados de contenido de humedad. Elaboración propia, realizado con Excel.

- **Peso específico**

Es la relación entre el peso de la madera y su volumen al mismo grado de humedad, este puede variar de acuerdo con el grado de humedad así también como a la especie de madera.

$$p.e. seco = \frac{\text{peso seco}}{\text{volumen seco}}$$

$$p.e. verde = \frac{\text{peso verde}}{\text{volumen verde}}$$

- **Contracción**

La madera disminuye su volumen cuando pierde agua, la contracción se da cuando la humedad desaparece y empieza a decrecer el agua que satura las paredes de las fibras.

- **Expansión**

La madera aumenta su volumen cuando absorbe agua, al estar en un ambiente húmedo o en contacto directo con el agua la madera se expande hasta llegar a un grado de saturación máximo a partir del cual el volumen es constante.

La contracción y expansión se producen de manera desigual, en el sentido axial es muy pequeña en comparación del sentido transversal esto provoca deformaciones, grietas y torceduras en la madera.

- **Conductividad térmica**

La conductividad térmica de la madera es baja debido a su porosidad y disminuye a medida que aumenta la densidad de la madera. La conductividad térmica de la madera varía ya que en el sentido axial es el doble que la conductividad en sentido transversal a la fibra.

La conductividad térmica del pino en el sentido de la fibra es de 0.22 W/moC y, en perpendicular a la fibra de 0.14 W/moC.

2.9.2. Propiedades mecánicas de la madera

Es la resistencia que tiene la madera cuando se somete a diferentes esfuerzos durante su uso en diferentes elementos estructurales.

Regularmente los valores de estas propiedades se dan en libras por pulgada cuadrada (lb/in²) y los valores de diseño se toman con una humedad óptima del 12 %.

- **Resistencia a la flexión**

Es la capacidad de la madera para resistir cargas aplicadas en dirección perpendicular a la fibra, generalmente este tipo de esfuerzos se dan en elementos estructurales como vigas.

- Módulo de elasticidad

Es la resistencia a la aplicación de esfuerzos sin causar deformaciones permanentes en el elemento y se caracteriza por la proporcionalidad entre carga y deformación.

- Módulo de Ruptura

Es la carga que genera el mayor esfuerzo aplicado a la fibra externa de la madera el cual genera la ruptura de la madera.

- Resistencia a la compresión

Es la capacidad de la madera para resistir una carga aplicada paralela a su fibra, están tienden a acortar la longitud de la madera y se divide de acuerdo con la aplicación de la carga.

- Compresión Paralela a la fibra

Es la carga máxima que produce una falla de compresión paralela a la fibra de la madera generalmente esto sucede en columnas o pilotes, en estos elementos si son esbeltos tiende a ver pandeo por el contrario si los elementos son cortos tiene a ver falla de corte a 45 grados.

- Compresión perpendicular a la fibra

Resistencia de la madera a la fuerza que actúa en dirección perpendicular a las fibras, esta se da en elementos estructurales como durmientes, viguetas, entre otros.

- Dureza

Es la resistencia que presenta la madera a la penetración y desgaste depende de las características del tipo de madera, densidad, especie, edad y sentido de las fibras.

- Clivaje

Es la resistencia que tiene la madera a agrietarse o rajarse esta puede ser tangencial o radial.

- Cizallamiento

Es la resistencia de la madera ante la acción de dos fuerzas paralelas en dirección opuesta, es un esfuerzo de corte que actúa paralelo a las fibras de la madera.

3. CONCRETOS DE BAJA DENSIDAD

3.1. Antecedentes

Las primeras estructuras en las que se utilizó concreto de baja densidad se remontan al Imperio Romano en los años 20 a.C.

Este concreto se producía mezclando materiales cementantes con agregados ligeros como la piedra pómez.

Más reciente las primeras estructuras con concreto de baja densidad aparecieron después de la primera Guerra Mundial en 1922 cuando la ciudad de Kansas construyó un gimnasio siendo este el primer edificio construido con este tipo de concreto, ya que la capacidad soporte del suelo era muy baja y de esta manera aligerar el peso de la estructura.

En 1928 después del estudio de la cimentación de un edificio de oficinas de la compañía de teléfonos South Western Bell en la ciudad de Kansas, se determinó que la estructura soportaba 8 pisos más, pero debido a que se utilizó concreto de baja densidad elaborado con arcillas expansivas se pudo aumentar la estructura 14 pisos más.

3.2. ¿Qué es el Concreto de baja densidad?

Es aquel concreto cuyo peso se encuentra por debajo de los 2,200 kg/m³ en comparación de un concreto normal cuyo peso oscila entre 2,300 a 2,400 kg/m³ o más.

La base fundamental del uso del concreto de baja densidad es reducir la carga muerta de una estructura de concreto lo que permite reducir el tamaño de los elementos estructurales, que a su vez permitiría reducir el consumo de acero. Así también reducir costos en transporte y mano de obra permitiendo un ahorro significativo para un determinado proyecto.

3.3. Ventajas de un concreto de baja densidad

Un concreto de baja densidad debería de ofrecer las mismas propiedades de un concreto normal, pero de acuerdo con los agregados o aditivos incorporados este presenta ciertas ventajas y desventajas sobre un concreto normal.

Ventajas:

- Disminuir el peso de la estructura
- Su colocación transporte y colocación es más económico
- Buen aislamiento térmico
- Propiedades termo-acústicas
- Puede no requerir compactación
- Bajo módulo de ruptura

Desventajas:

- Los agregados livianos o aditivos podrían ser más caros
- Puede tener mayor absorción al tener más espacios vacíos
- Podría producirse mayores deformaciones

3.4. Usos y aplicaciones

Como se menciona anteriormente se puede utilizar este tipo de concreto para elementos estructurales si cumple con las especificaciones para un determinado proyecto, pero si no se puede utilizar en la construcción de elementos secundarios de estructuras como edificios o viviendas que requieran de ser ligeros, esto con el fin de reducir las cargas muertas.

Por ejemplo, losas aligeradas, paneles de división, prefabricados o elementos de relleno que no soporten cargas estructurales.

3.5. Materiales para concreto de baja densidad

La elaboración de un concreto de baja densidad es básicamente utilizar algún agregado liviano o bien incorporar aire en la mezcla por medio de algún aditivo de esta manera crear vacíos que permitan reducir el peso del concreto.

Según lo visto anteriormente el concreto ha sido ampliamente utilizado con otros tipos de materiales con el fin de mejorar sus propiedades, entre los materiales más comunes para obtener este tipo de concreto están:

- Piedra Pómez

Su origen se da cuando la lava es proyectada al aire por lo que sufre una descompresión térmica y como consecuencia se produce una desgasificación lo que provoca espacios vacíos separados por paredes delgadas, esto lo convierte en un material sumamente liviano, esta propiedad podría ser aprovechada para hacer concreto de baja densidad.

- Poliestireno Expandido

Para hacer concreto de baja densidad se utilizan también esferas de poliestireno expandido, las cuales reemplazan totalmente al agregado grueso y en cierto porcentaje al agregado fino, debido a que este no absorbe agua, no tiene impurezas, no reacciona con el cemento y además tiene buena adherencia con el mismo.

En el proceso de mezclado, se coloca el poliestireno previamente humedecido para aumentar su peso, luego se vierte el agregado fino que se adhiere a la superficie del poliestireno luego se mezcla con el cemento.

Es importante tener en cuenta la exacta dosificación del agua debido a que un exceso de esta puede provocar una mezcla no cohesiva y producir segregación.

Se puede utilizar este tipo de concreto en rellenos de piso, tabiques, paneles y bloques de mampostería.

- Incorporación de aire

Este se da durante el proceso de elaboración del concreto existen varios métodos en los que se puede mencionar:

- Introducir aire por medio de un agente inclusor de aire.
- Utilizando polvo de aluminio que genera gas como ocurre durante la fabricación de bloques de concreto para mampostería.

- Por la formación de gas por medio de una reacción química dentro de la mezcla.
- Ceniza de cascarillas de arroz

Es un subproducto de la industria que resulta abundante en las zonas arroceras y que ofrece propiedades para ser usado como sustrato hidropónico, ya que es un sustrato orgánico de baja tasa de descomposición y es liviano por tal motivo puede usarse en materiales para paneles de concreto entre otros.

- Arcilla Expandida

Se fabrica a partir de la arcilla pura proveniente de las canteras y tras el primer proceso de desbaste esta arcilla pura se almacena en lugares cerrados para su homogenización y secado, una vez seca la arcilla se muele hasta obtener un polvo impalpable llamado crudo.

Sus características principales por la que se usa para un concreto liviano son:

- Presenta alta porosidad
- Material duro
- Forma redondeada
- Peso liviano
- Superficie rugosa
- No es corrosiva

3.6. Concreto con incorporación de viruta de madera

En la presente investigación se propone desarrollar un tipo de concreto que al incorporarle vacíos por medio del uso de un agregado liviano como lo es la viruta de madera se pueda obtener un concreto de baja densidad resistente y durable que a su vez cumpla con las normativas vigentes, así de esta manera promover el uso de materiales alternativos y regular el uso de aditivos existentes.

3.6.1. Investigaciones preliminares

En muchos países se han realizado estudios de incorporación de nuevos materiales para mejorar las características del concreto a un bajo costo, al respecto podemos mencionar:

Año 2016 en argentina se desarrolló El EcoWcc (Wood concrete composite) bio concreto de baja huella de carbono que principalmente está constituido de cemento combinado con viruta de madera para producir bloques de construcción.

También en el año 2016 en Singapur desarrollaron un método para usar el aserrín como aditivo para mejorar la calidad del concreto, y de esta manera mejorar las estructuras de concreto.

En el año 2018 en Colombia se desarrollaron placas acústicas de viruta de madera consisten en tiras de abeto de virutas largas y delgadas que después se mezclan con cemento.

Este producto 100 % natural es conocido por sus excelentes cualidades de absorción sonora, creando una excelente acústica en todos los espacios.

En el año 2019 se desarrolló el sistema constructivo Träullit que está constituido por muros prefabricados, formados por elementos prefabricados de viruta de madera de píceas y cemento. El sistema proporciona muros exteriores homogéneos, aislantes y con capacidad de almacenar calor y regular la humedad interior.

Su superficie es una excelente base para enlucidos ofreciendo alta resistencia al fuego y a los hongos, así también su fácil transporte y rapidez de montaje en obra permite finalizar en menos tiempo un determinado proyecto.

Otro ejemplo es un estudio basado en la necesidad de disminuir los costos en la construcción a través de la utilización de materiales abundantes en el medio como la utilización de las fibras de madera así también disminuir el peso de las estructuras de concreto.

También tenemos un estudio acerca de la introducción de los morteros con fibra de madera que se presentan como un nuevo material para la construcción y que pueden ser utilizados en elementos prefabricados. Por lo tanto, propone que es necesario realizar un estudio que permita obtener la compatibilidad entre los subproductos de la madera y el cemento.

3.6.2. Problema por resolver

Guatemala cuenta con una cobertura forestal diversa, lo que permite abastecer a la industria maderera primaria la cual demanda aproximadamente 35,000 pt/mes/industria, de la cual el 53 % de industrias se abastecen con poca materia prima al mes, hasta 20,000 pt, 28 % de estas se abastecen con una cantidad entre 20,001 pt hasta 50,000 pt y tan solo el 9 % de las industrias reciben más de 50,000 pt/mes.

La industria forestal de transformación primaria de la región procesa con más frecuencia que otras las especies coníferas, en un 64 % entre las que sobresalen el pino y el ciprés, ya que son muy utilizadas para la construcción por su relación precio y calidad ,además son las que se encuentran con mayor facilidad en el mercado forestal de maderas; 23 % de las industrias hacen uso de coníferas y latifoliadas; y un 13 % utiliza especies latifoliadas tales como caoba y cedro, estas maderas son consideradas maderas preciosas y son utilizadas para la carpintería fina, además se pueden mencionar otras como palo blanco, matilisguate, conacaste, entre otros.

Los residuos son los desperdicios que se tienen a partir del proceso de aserrío de la madera, el 27 % de estos residuos es aserrín, 42 % consiste en leña; ambos se originan durante el aserrío principal y dimensionado de la madera, 26 % de estos desechos es viruta que proviene del cepillado de la madera y un 5 % que es corteza.

No se reporta la lepa como un desecho ya que la mayoría hace un proceso de re aserrío para dejar solo leña.

Con los datos anteriores se puede deducir que son miles de pies tablares que se desperdician en forma de viruta de madera al mes, que si bien se utiliza como material absorbente para el manejo de excretas de los caballos no tiene mayor uso como un producto y por lo tanto es desechado.

Tomando en cuenta los datos de la industria de la madera y antecedentes sobre la investigación del uso de la viruta con el cemento se propone la idea de un posible uso de la viruta de madera por ser un material liviano para utilizarlo como incorporación en la fabricación de concreto de baja densidad y determinar si las características mecánicas obtenidas cumplen para ser considerado como

tal, ya que actualmente en países que poseen grandes extensiones de bosque buscan la manera de reciclar este tipo de material.

De tal manera se espera generar una serie de ventajas en los procesos de construcción al mismo tiempo que se le da un uso a este material que normalmente es desechado.

4. DESARROLLO EXPERIMENTAL

La investigación que se desarrolla es de carácter cuantitativo por lo que se propuso realizar cuatro mezclas con el fin de estudiar y analizar el comportamiento del concreto con la incorporación de viruta de madera en diferentes porcentajes para reducir su densidad, para lo cual se realizó el siguiente procedimiento:

Según los antecedentes que respaldan el tema de estudio se seleccionó el porcentaje de viruta que debía agregarse a cada mezcla de concreto.

Se desarrolló un diseño de mezcla patrón utilizando el cemento Portland tipo 1 PM UG, arena triturada de cantera como agregado fino y piedrín de $\frac{3}{4}$ " como agregado grueso a los cuales se les realizó un análisis completo para conocer sus características.

Se utilizó viruta de madera de pino debido a que es la madera más económica actualmente usada en Guatemala y de fácil acceso, a este material se le determinaron las propiedades físicas siguientes: porcentaje de absorción y peso unitario.

El estudio propone 3 mezclas de concreto con distintos porcentajes de viruta adicionada y una mezcla de control o mezcla patrón. Por lo tanto, para cada muestra se realizaron los siguientes elementos de ensayo:

- 6 cilindros de 6" x 12" para determinar resistencia a compresión.
- 2 cilindros de 6" x 12" para determinar la resistencia por tensión indirecta.
- Una viga de concreto de 6" x 6" x 21".

El volumen requerido para los elementos de concreto y los ensayos de control de calidad de este fue de 0.083 m³

Los porcentajes de viruta utilizados en la elaboración de las mezclas fue de 3, 5 y 10 % tomando como referencia el peso del cemento del diseño de mezcla.

Para poder determinar el comportamiento del concreto con la incorporación de viruta de madera se realizó una mezcla patrón sin incorporación de viruta de madera la cual se tomó como referencia y se comparó con otras tres muestras con incorporación de viruta de 3, 5 y 10 % respectivamente.

A continuación, se describe el procedimiento, normas y materiales que se utilizaron para el desarrollo de las mezclas de concreto, las cuales se ensayaron a diferentes edades de madurez de concreto, para los diferentes porcentajes de adición de viruta de madera.

4.1. Maquinaria y Equipo

De acuerdo con las normas vigentes, la maquinaria y equipo utilizado en la realización de los ensayos cumple con los requerimientos de estas, este equipo fue proporcionado por la Sección de Agregado Concretos y Morteros del centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos.

- Mezcladora de concreto

Para garantizar la homogeneidad de la mezcla se utilizó la mezcladora de concreto de acción eléctrica y con capacidad de medio saco de cemento.

Figura 2.

Mezcladora de concreto



Nota. Centro de investigaciones de la Facultad de Ingeniería. Elaboración propia.

- Moldes para concreto

Para elaborar las probetas cilíndricas de concreto se utilizaron moldes cilíndricos normados de 6" de diámetro por altura 12" así como moldes para vigas rectangulares.

Figura 3.

Moldes para concreto



Nota. Centro de investigaciones de la Facultad de Ingeniería. Elaboración propia.

- Máquina de compresión (de cilindros)

Para los ensayos de compresión de cilindros se utilizó la máquina de compresión RIEHLE TESTING MACHINES con capacidad de 300,000 lb.

Figura 4.

Máquina de Compresión Riehle Testing Machines



Nota. Centro de investigaciones de la Facultad de Ingeniería. Elaboración propia.

- Máquina de compresión (de bloques de concreto)

Para los ensayos a tracción indirecta de cilindros de concreto se utilizó la máquina de compresión con capacidad de 300,000 lbs, se utilizó esta máquina debido a que su configuración facilita la colocación de los cilindros en una posición favorable para evaluar este esfuerzo.

Figura 5.

Máquina de compresión



Nota. Centro de investigaciones de la Facultad de Ingeniería, área de Metales. Elaboración propia.

4.2. Materiales Utilizados

- Cemento

Cemento Portland con puzolanas que cumple con los requisitos de las normas para cementos hidráulicos ASTM C1157.

Figura 6.

Cemento uso general UG



Nota. Saco de cemento de 42.5 kg UG. Elaboración propia.

- Agregado fino

Se utilizó arena obtenida de la trituración de roca caliza

Figura 7.

Agregado fino roca caliza



Nota. Cantera la Roca ubicación zona 18. Elaboración propia.

- Agregado grueso

Se utilizó agregado triturado de origen basáltico

Figura 8.

Agregado grueso



Nota. Cantera la Roca ubicación zona 18. Elaboración propia.

- Viruta de madera

Viruta de madera de pino blanco proveniente del cepillado industrial.

Figura 9.

Viruta de madera



Nota. Viruta de madera de pino. Aserradero MYMSA zona 12. Elaboración Propia.

- Agua Potable

Se utilizó agua libre de sustancias perjudiciales como aceites, ácidos, sales, materiales orgánicos y otras sustancias que puedan ser dañinas para el concreto.

4.3. Análisis completo de los agregados

Se realizó el estudio de los agregados en la sección de Agregados, Concretos y Morteros del el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala determinando los parámetros de calidad del material que indica la Norma NTG 41007.

- Agregado fino

Determinación de materia orgánica en los agregados finos para concreto, NTG - 41010 h4 (ASTM C-40).

Análisis granulométrico por tamices del agregado fino NTG - 41010 h1 (ASTM C-136).

Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción de agua del agregado fino NTG - 41010 h9 (ASTM C - 128).

Determinación de la densidad aparente (masa unitaria) e índice de vacíos en los agregados NTG - 41010 h2 (ASTM C-29).

Determinación por lavado del material que pasa por el tamiz 75 μm (No. 200) en agregados minerales NTG - 41010 h3 (ASTM C-117).

- Agregado Grueso

Análisis granulométrico por tamices del agregado grueso NTG - 41010 h1 (ASTM C -136).

Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción de agua del agregado grueso, NTG-41010 h8 (ASTM C - 127).

Determinación de la densidad aparente (masa unitaria) e índice de vacíos en los agregados NTG - 41010 h2 (ASTM C-29).

Determinación por lavado del material que pasa por el tamiz 75 μm (No. 200) en agregados minerales. NTG - 41010 h3 (ASTM C-117).

4.4. Diseño teórico para la realización de mezcla de concreto

Para poder determinar los efectos de la viruta en el concreto se propusieron 4 diseños de mezcla y poderlas comparar.

4.4.1. Diseño teórico de la mezcla patrón

Se propone realizar diseño de mezcla para un concreto con peso unitario de $2,300 \text{ kg/m}^3$, con una resistencia a los 28 días de 280 kg/cm^2 (4,000 psi), con un asentamiento de 10 cm (4") y utilizando los resultados de los análisis completos de los agregados.

Con el método de diseño de mezclas de concreto CII-USAC se obtuvieron las proporciones que se utilizaron para el diseño teórico las cuales se resumen a continuación:

Tabla 5.*Proporciones teóricas para la mezcla patrón*

| Concreto con F.S. 315 kg/cm² (4,500 psi) | | |
|--|--------------------|---|
| Materiales | Proporción en peso | proporción por volumen (kg/m ³) |
| Cemento | 1 | 382 |
| Agregado fino | 2.04 | 778 |
| Agregado Grueso | 2.59 | 990 |
| Agua | 0.52 | 200 |

Nota. Proporciones teóricas obtenido centro de investigaciones de la facultad de ingeniería, realizado con Excel.

Tabla 6.*Cantidad de material requerido*

| Cantidad requerida por muestra de concreto | | | | |
|---|--------------------|---|-------------------------------------|-------------------------|
| Materiales | Proporción en peso | proporción por volumen (kg/m ³) | volumen requerido (m ³) | cantidad requerida (kg) |
| Cemento | 1 | 382 | 0.083 | 31.71 |
| Agregado fino | 2.04 | 778 | 0.083 | 64.57 |
| Agregado Grueso | 2.59 | 990 | 0.083 | 82.17 |
| Agua | 0.52 | 200 | 0.083 | 16.60 |

Nota. Material requerido por muestra de concreto. Elaboración propia, realizado con Excel.

4.4.2. Diseño teórico de las mezclas de concreto con la incorporación de la viruta

Para el diseño teórico de la mezcla con la incorporación de viruta de madera, se utilizó el mismo que el diseño teórico de la mezcla patrón, pero con la variación de incorporar los porcentajes de viruta por cada grupo de probetas.

El porcentaje que se incorpora de viruta es con base en el peso del cemento de la mezcla del volumen de concreto requerido como se muestra a continuación:

Tabla 7.

Cantidad de viruta requerida

| Mezclas | Volumen Requerido (m³) | cantidad de cemento en (kg/m³) | Porcentajes de viruta | cantidad requerida de viruta (kg) |
|------------------------|--|--|------------------------------|--|
| Muestra al 3 % | 0.083 | 382 | 3 % | 0.95 |
| Muestra al 5 % | 0.083 | 382 | 5 % | 1.59 |
| Muestra al 10 % | 0.083 | 382 | 10 % | 3.17 |

Nota. Cantidad de viruta requerida por muestra de concreto. Elaboración propia, realizado con Excel.

4.5. Normas y ensayos aplicados en la elaboración de las mezclas de concreto y preparación y curado de las probetas

A continuación, se detalla las normas y procedimientos utilizados para la realización de la mezcla de concreto, así como la preparación de las probetas de concreto para cuatro diseños teóricos.

- Medición de la temperatura del concreto hidráulico recién mezclado NTG - 41053 (ASTM C-1064).

El proceso para la realización del ensayo de medición de temperatura del concreto fresco se realizó con base en la norma de la siguiente manera:

Se colocó el dispositivo medidor de temperatura, de modo que el sensor de temperatura estuviera sumergido al menos 75 milímetros (3 pulgadas) en el concreto recién mezclado.

Se dejó el dispositivo medidor de temperatura en la mezcla de concreto recién mezclado por un período de 2 minutos, hasta que se estabilizó la lectura; se registró la lectura, y se verificó que estuviera dentro de los parámetros aceptables.

Figura 10.

Medición de temperatura en concreto fresco



Nota. Centro de investigaciones de la Facultad de Ingeniería. Elaboración propia.

- Determinación del asentamiento del concreto hidráulico NTG - 41052 (ASTM C -143).

Se determinó el asentamiento por cada mezcla de concreto con base en el procedimiento indicado en la Norma:

Se humedeció el molde cónico y placa, se colocó en una superficie plana, sostenido firmemente en su lugar se procedió al llenado del molde con el concreto

en 3 capas cada una aproximadamente de $1/3$ del volumen del molde apisonado 25 golpes por capa.

Después del llenado se raso el concreto sobrante y removi6 el molde c6nico del concreto, levant6ndolo cuidadosamente en direcci6n vertical, todo el proceso desde el llenado hasta la remoci6n del molde se realiz6 sin interrupci6n en un lapso de tiempo menor a dos minutos y medio.

Se procedi6 a medir el asentamiento tomando la diferencia de altura entre la longitud total del molde y la altura del centro original desplazado de la superficie del concreto comparado si cumpli6 con el asentamiento propuesto del dise6o te6rico.

Figura 11.

Medición del asentamiento del concreto recién mezclado



Nota. Centro de investigaciones de la Facultad de Ingeniería. Elaboración propia.

- Determinación de la densidad aparente (masa unitaria) rendimiento (volumen de concreto producido) y contenido de aire (gravimétrico) del concreto NTG - 41017h5 (ASTM C-138).

Se colocó el concreto en el recipiente cilíndrico previamente humedecido y pesado, el concreto fue distribuido en tres capas de aproximadamente el mismo volumen, cada capa se consolidó con 25 golpes con una varilla apisonadora de manera uniforme sobre toda la sección transversal.

Después del apisonado entre capas se golpeó los lados del recipiente con un mazo de hule a manera de cerrar las oquedades o vacíos y así poder liberar las burbujas de aire atrapadas dentro del concreto.

Después del consolidado se removió el exceso del concreto rasando el recipiente dejando la superficie lisa, plana y nivelada.

Se procedió a limpiar el concreto exterior dejando el recipiente limpio y se determinó la masa del concreto, para el cálculo de la densidad aparente se utilizó el método indicado en la norma.

Figura 12.

Determinación de la densidad aparente en el concreto



Nota. Centro de investigaciones de la Facultad de Ingeniería. Elaboración propia.

- Determinación del contenido de aire del concreto hidráulico recién mezclado por el método de presión NTG 41017 h7 (ASTM C231-14).

Se determinó el contenido de aire en concreto recién mezclado de acuerdo con el procedimiento indicado en la Norma.

Debido a que el tipo de mezcla incluye partículas de agregado grueso menores a 2 pulgadas se utiliza el mismo concreto que se pesó para el ensayo del peso unitario.

Posteriormente Se limpió totalmente las pestañas o bordes del recipiente y de la cubierta de ensamble, para que cuando esta se coloque en su lugar, se logre un cierre hermético.

Se procedió a ensamblar el aparato, cerrando la válvula principal de aire dispuesto entre la cámara de aire y el recipiente de medición, manteniendo abiertas las válvulas de paso situadas en la tapa; se inyectó agua a través de una de las válvulas hasta que el agua salga por la válvula opuesta se procedió sacudir el medidor suavemente hasta que salga todo el aire por la misma llave de purga.

Se cerró la válvula de purga de aire de la cámara de aire, así como ambas válvulas de paso, y se bombeó aire en la cámara hasta que la aguja del medidor de presión este en la línea de presión inicial se dejó pasar unos pocos segundos para que el aire comprimido se enfríe a temperatura normal se golpea ligeramente el medidor de presión con la mano para estabilizar la aguja de este. Se tomó la lectura en porcentaje del aire del indicador de presión.

Figura 13.

Contenido de aire del concreto



Nota. Centro de investigaciones de la Facultad de Ingeniería. Elaboración propia.

- Moldeado de las probetas Norma NTG-41060. Práctica estándar para preparación y curado de especímenes de ensayo de concreto en laboratorio (ASTM C 192-07).

Se realizó el proceso para la preparación y curado de especímenes de concreto, de acuerdo con los pasos que indica la Norma.

Posterior a los ensayos de concreto recién mezclado se inició con el moldeo de los especímenes tan cerca como sea posible del lugar donde iban a ser almacenados durante las primeras 24 horas evitando sacudidas, golpes,

inclinaciones o rayado de la superficie de los especímenes cuando son movidos al lugar de almacenamiento.

Para el moldeado de los cilindros de concreto, se inició colocando el concreto en los moldes usando un cucharón en movimiento circular dentro del molde, para asegurar una distribución uniforme del concreto y minimizar la segregación del agregado grueso dentro del molde.

Se colocó el concreto en el recipiente en tres capas de aproximadamente el mismo volumen, cada capa fue consolidada con 25 inserciones con una varilla apisonadora de manera uniforme sobre toda la sección transversal.

Después del apisonado entre capas se golpeó los lados del recipiente con un mazo de hule a manera de cerrar las oquedades o vacíos y así poder liberar las burbujas de aire atrapadas dentro del concreto.

Después del consolidado se removió el exceso del concreto rasando el recipiente dejando la superficie lisa, plana y nivelada.

En el caso del moldeado de la viga se procedió de la siguiente manera: usando un cucharón se colocó el concreto en el molde desde una altura determinada para cada capa, se colocó el concreto de manera que el mismo sea uniformemente distribuido en cada capa con una segregación mínima.

Posteriormente cada capa fue consolidada con inserciones de una varilla apisonadora de manera uniforme sobre toda la sección transversal, cuando se colocó la capa final se golpeó los lados del recipiente con un mazo de hule a manera de cerrar las oquedades o vacíos y así poder liberar las burbujas de aire atrapadas dentro del concreto.

Después del consolidado se removió el exceso del concreto rasando el molde dejando la superficie lisa, plana y nivelada.

Figura 14.

Colocación del concreto en los moldes



Nota. Centro de investigaciones de la Facultad de Ingeniería. Elaboración propia.

Pasado 24 horas se procedió a retirar los moldes de los especímenes de concreto iniciando el curado inicial dentro de la pileta de curado hasta llegar el momento del ensayo.

Figura 15.

Curado de las muestras de concreto



Nota. Centro de investigaciones de la Facultad de Ingeniería. Elaboración propia.

Figura 16.

Especímenes de concreto desmoldados listos para ensayo



Nota. Centro de investigaciones de la Facultad de Ingeniería. Elaboración propia.

4.6. Ensayos del concreto endurecido

- Ensayos a compresión de especímenes normados, Norma NTG-41017h1 Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto (ASTM C-39) a las edades de 3, 7 y 28 días.

Este ensayo consiste en aplicar carga a compresión en cilindros de concreto hasta el punto de falla para determinar su resistencia, para el desarrollo de la parte práctica se ensayó a compresión dos cilindros de concreto por cada mezcla a diferentes edades con el fin de ir obteniendo y comparando la evolución de la resistencia en cada etapa.

Inmediatamente después de sacar los cilindros de la pileta de curado, se procedió a secar el excedente de agua, posteriormente se tomaron medidas de sus diámetros y alturas para cada uno, así como su peso.

Se procedió a colocar el espécimen en la máquina de compresión para teniendo cuidado de alinear correctamente el eje del espécimen con el centro de empuje del bloque.

Se aplicó la carga de compresión uniforme y a velocidad constante hasta que el indicador de carga muestre que la carga máxima y el espécimen muestre un patrón de fractura bien definido.

Se procedió a registrar la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo y anotar el tipo de fractura. Se calculó la resistencia a la compresión del espécimen de acuerdo con el método indicado en la Norma.

Figura 17.

Ensayo a compresión de los cilindros de concreto



Nota. Centro de investigaciones de la Facultad de Ingeniería. Elaboración propia.

Figura 18.

Fallas en cilindros de concreto



Nota. Centro de investigaciones de la Facultad de Ingeniería. Elaboración propia.

- Ensayo para determinar el esfuerzo de flexión del concreto (utilizando una viga simplemente soportada con cargas en los tercios de la luz) NTG 41017 h2 (ASTM C 78) a los 28 días.

Se determinó el esfuerzo de flexión del concreto utilizando una viga simplemente soportada con cargas perpendiculares aplicadas en los tercios de luz.

El ensayo se realizó inmediatamente después de ser retirada la viga de la piletta de curado ya que la pérdida de humedad en las superficies del espécimen puede producir una reducción en la medida del esfuerzo de flexión.

Se procedió a medir los lados de la viga para obtener un promedio y de este trazar la viga en los tercios de luz para colocar los apoyos de forma simétrica y determinar en cuál de los tercios podría ocurrir la falla.

Se procedió centrar el sistema de carga con relación al trazo previamente hecho, se colocaron los bloques de aplicación de carga en contacto con la superficie del espécimen en los tercios de la luz y se procedió a aplicar carga en el espécimen uniformemente y sin sacudidas, a una velocidad constante hasta el punto de ruptura.

Se procedió a anotar la carga y tipo de falla, así como el lugar donde ocurrió ya que este dato es importante para realizar el cálculo del módulo de ruptura.

Figura 19.

Trazo de viga a los tercios de luz



Nota. Centro de investigaciones de la Facultad de Ingeniería. Elaboración propia.

Figura 20.

Vigas medidas y listas para ensayo a flexión



Nota. Centro de investigaciones de la Facultad de Ingeniería. Elaboración propia.

Figura 21.

Ensayo a flexión en viga



Nota. Centro de investigaciones de la Facultad de Ingeniería. Elaboración propia.

Figura 22.

Falla de carga máxima en la viga



Nota. Centro de investigaciones de la Facultad de Ingeniería. Elaboración propia.

Figura 23.

Falla en viga en la sección central



Nota. Centro de investigaciones de la Facultad de Ingeniería. Elaboración propia.

- Método de ensayo para determinar la resistencia a tracción indirecta de especímenes cilíndricos de concreto NTG 41017 h15 (ASTM C 496) a los 28 días.

Este método de ensayo consiste en aplicar una fuerza de compresión diametral a lo largo de la longitud del espécimen cilíndrico de concreto a una velocidad constante, esta carga induce esfuerzos de tracción sobre el plano que contiene la carga aplicada y esfuerzos de compresión relativamente altos en el área inmediatamente alrededor de la carga aplicada ocurriendo una falla por tracción.

El proceso se detalla a continuación:

Se midió el diámetro y la longitud y el peso del espécimen, se colocó el espécimen en posición horizontal en la máquina de compresión y se le aplicó la carga en forma continua y sin sacudidas a una velocidad constante hasta la falla del espécimen.

Se anotó la carga máxima aplicada por la máquina de ensayo y se anotó el tipo de falla y la apariencia del concreto.

Figura 24.

Ensayo a tracción indirecta en concreto



Nota. Centro de investigaciones de la Facultad de Ingeniería. Elaboración propia.

Figura 25.

Falla en elemento a tracción indirecta



Nota. Centro de investigaciones de la Facultad de Ingeniería. Elaboración propia.

4.7. Recopilación de resultados de ensayos

Resumen de las características físicas del agregado fino, agregado grueso así también se tiene el peso unitario y el porcentaje de absorción de la viruta, cuyo material fue utilizado para la elaboración del concreto.

Tabla 8.

Análisis completo del agregado fino

| Resumen Características Físicas Agregado Fino | |
|--|----------|
| Densidad Relativa | 2.70 |
| Densidad (kg/m ³) | 2,690.00 |
| Masa unitaria compactada (kg/m ³) | 1,810.00 |
| Masa unitaria suelta (kg/m ³) | 1,710.00 |
| Porcentaje de vacíos compactado (%) | 33.00 |
| Porcentaje de vacíos suelto (%) | 37.00 |
| Porcentaje de absorción (%) | 2.20 |
| Contenido de materia orgánica | 1 |
| Pasa el tamiz # 200 (%) | 17.90 |
| Retenido Tamiz 6.35 (%) | 0.00 |
| Módulo de finura | 2.43 |

Nota. Resumen características física del Agregado Fino resultado informe anexos. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 9.*Análisis completo del agregado grueso*

| Resumen Características Físicas Agregado Grueso | |
|--|----------|
| Densidad Relativa | 2.70 |
| Densidad (kg/m ³) | 2,690.00 |
| Masa unitaria compactada (kg/m ³) | 1,550.00 |
| Masa unitaria suelta (kg/m ³) | 1,410.00 |
| Porcentaje de vacíos compactado (%) | 43.00 |
| Porcentaje de vacíos suelto (%) | 48.00 |
| Porcentaje de absorción (%) | 0.40 |
| Pasa el tamiz # 200 (%) | 0.90 |
| Retenido Tamiz 6.35 (%) | 2.00 |
| Módulo de finura | 7.00 |
| Tamaño Máximo Nominal | 3/4" |

Nota. Resumen características física del Agregado Grueso. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 10.

Características físicas de la viruta

| Viruta de madera | |
|-------------------------|-------------------------|
| % abs | 28.98 % |
| P.U. | 53.57 kg/m ³ |

Nota. Resumen características física de la viruta de pino. Elaboración propia, realizado con Excel.

5. COMPARACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Relación entre las mezclas de concreto fresco y el porcentaje de aire

En los resultados siguientes se muestra el efecto que tiene la adición de viruta de madera en el porcentaje de aire cuando el concreto está en estado fresco.

Tabla 11.

Relación entre mezclas de concreto y porcentaje de aire

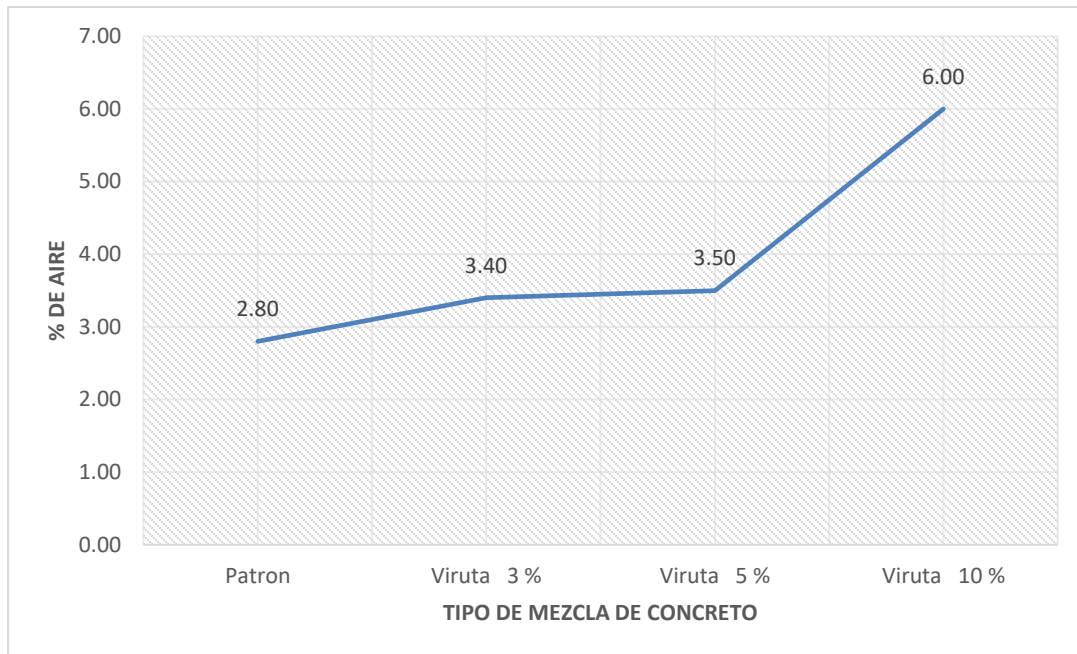
| RELACION ENTRE MEZCLA DE CONCRETO FRESCO Y EL % DE AIRE | |
|---|--------|
| MEZCLA | % AIRE |
| patrón | 2.80 |
| Viruta 3 % | 3.40 |
| Viruta 5 % | 3.50 |
| Viruta 10 % | 6.00 |

Nota. La tabla indica el tipo de mezcla de concreto y el porcentaje de aire obtenido. Elaboración propia, realizado con Excel

Al adicionar e ir aumentado el porcentaje de viruta, también aumenta el porcentaje de aire en la mezcla de concreto.

Figura 26.

Relación entre la mezcla y el porcentaje de aire



Nota. Gráfico que indica el aumento de contenido de aire respecto a cada mezcla con variación de viruta. Elaboración propia, realizado con Excel.

Al incorporar viruta de madera en cada mezcla de concreto el contenido de aire aumenta, aunque no es de manera proporcional, entre los porcentajes del 3 % y 5 % de adición el aumento es mínimo, pero en valores mayores al 5 % el contenido de aire aumenta en considerablemente.

5.2. Relación entre el porcentaje de viruta y el asentamiento en el concreto fresco

En los resultados siguientes se muestra el efecto que tiene adición de viruta de madera en el asentamiento del concreto cuando está en estado fresco.

Tabla 12.

Relación entre el porcentaje de viruta y el asentamiento

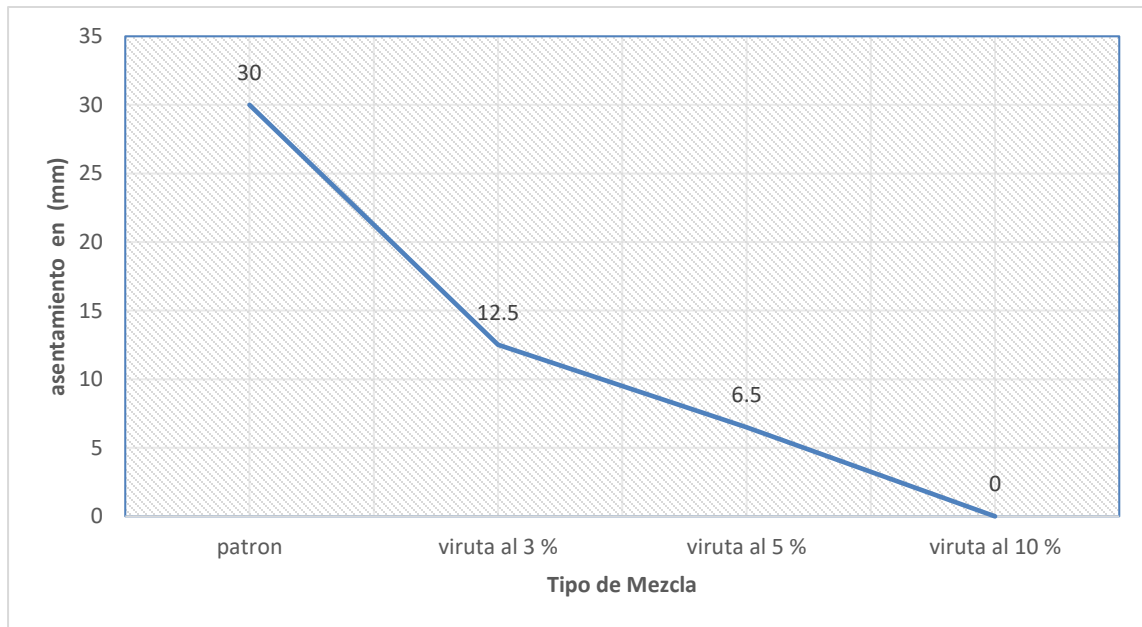
| Asentamiento en concreto | | |
|---------------------------------|--------------------------|---------------|
| Mezcla | Asentamiento (mm) | % AIRE |
| patrón | 30 | 2.80 |
| viruta al 3 % | 12.5 | 3.40 |
| viruta al 5 % | 6.5 | 3.50 |
| viruta al 10 % | 0 | 6.00 |

Nota. La tabla indica el asentamiento en cada mezcla de concreto. Elaboración propia, realizado con Excel.

El asentamiento disminuyo con el aumento de la adición de viruta y en la mezcla con porcentaje del 10 % no hubo asentamiento.

Figura 27.

Relación entre el porcentaje de viruta y asentamiento



Nota. Gráfico que indica la pérdida de asentamiento. Elaboración propia, realizado con Excel.

Al aumentar el porcentaje de viruta en cada mezcla de concreto el asentamiento fue disminuyendo, la cual también se vio reflejado en la trabajabilidad de la misma.

5.3. Resistencia a la compresión

En los resultados siguientes se muestra el efecto que tiene la adición de viruta de madera en la resistencia del concreto en estado endurecido.

Tabla 13.

Resistencia a la compresión mezcla patrón

| Mezcla patrón | | | | | |
|----------------------|-------------|------------------|---------------------------|---|--|
| No. | Edad | Peso (kg) | peso promedio (kg) | Resistencia (lb/plg²) | Resistencia promedio (lb/plg²) |
| 1 | 3 | 12.700 | 12.705 | 1,250 | 1,270 |
| 2 | | 12.710 | | 1,290 | |
| 3 | 7 | 12.865 | 12.888 | 1,680 | 1,680 |
| 4 | | 12.910 | | 1,680 | |
| 5 | 28 | 12.945 | 12.950 | 2,640 | 2,580 |
| 6 | | 12.955 | | 2,520 | |

Nota. La tabla indica la resistencia a la compresión a diferentes edades. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 14.*Resistencia a la compresión mezcla al 3 % de viruta*

| Mezcla 3 % de viruta de madera | | | | | |
|---------------------------------------|-------------|------------------|---------------------------|---|--|
| No. | Edad | Peso (kg) | peso promedio (kg) | Resistencia (lb/plg²) | Resistencia promedio (lb/plg²) |
| 1 | 3 | 12.545 | 12.608 | 1,130 | 1,130 |
| 2 | | 12.670 | | 1,130 | |
| 3 | 7 | 12.720 | 12.683 | 1,490 | 1,470 |
| 4 | | 12.645 | | 1,450 | |
| 5 | 28 | 12.590 | 12.573 | 1,890 | 1,970 |
| 6 | | 12.555 | | 2,050 | |

Nota. La tabla indica la resistencia a la compresión a diferentes edades. Elaboración propia, realizado con Excel.

Al adicionar el 3 % de viruta en la mezcla de concreto la resistencia disminuyo en comparación con la resistencia obtenida en la muestra patrón.

Tabla 15.*Resistencia a la compresión mezcla al 5 % de viruta*

| Mezcla 5 % de viruta de madera | | | | | |
|---------------------------------------|-------------|------------------|---------------------------|---|--|
| No. | Edad | Peso (kg) | peso promedio (kg) | Resistencia (lb/plg²) | Resistencia promedio (lb/plg²) |
| 1 | 3 | 12.555 | 12.635 | 1,200 | 1,210 |
| 2 | | 12.715 | | 1,220 | |
| 3 | 7 | 12.640 | 12.645 | 1,490 | 1,515 |
| 4 | | 12.650 | | 1,540 | |
| 5 | 28 | 12.645 | 12.645 | 2,030 | 2,075 |
| 6 | | 12.645 | | 2,120 | |

Nota. La tabla indica la resistencia a la compresión a diferentes edades. Elaboración propia, realizado con Excel.

Al adicionar el 5 % de viruta en la mezcla de concreto la resistencia disminuyo en comparación con la resistencia obtenida en la muestra patrón.

Tabla 16.*Resistencia a la compresión mezcla al 10 % de viruta*

| Mezcla 10 % de viruta de madera | | | | | |
|--|-------------|------------------|---------------------------|---|--|
| No. | Edad | Peso (kg) | peso promedio (kg) | Resistencia (lb/plg²) | Resistencia promedio (lb/plg²) |
| 1 | 3 | 12.020 | 12.110 | 1,100 | 1,085 |
| 2 | | 12.200 | | 1,070 | |
| 3 | 7 | 12.290 | 12.300 | 1,290 | 1,305 |
| 4 | | 12.310 | | 1,320 | |
| 5 | 28 | 12.205 | 12.198 | 1,700 | 1,720 |
| 6 | | 12.190 | | 1,740 | |

Nota. La tabla indica la resistencia a la compresión a diferentes edades. Elaboración propia, realizado con Excel.

Al adicionar el 10 % de viruta en la mezcla de concreto la resistencia disminuyo en comparación con la resistencia obtenida en la muestra patrón.

Tabla 17.

Comparación de resistencias a compresión

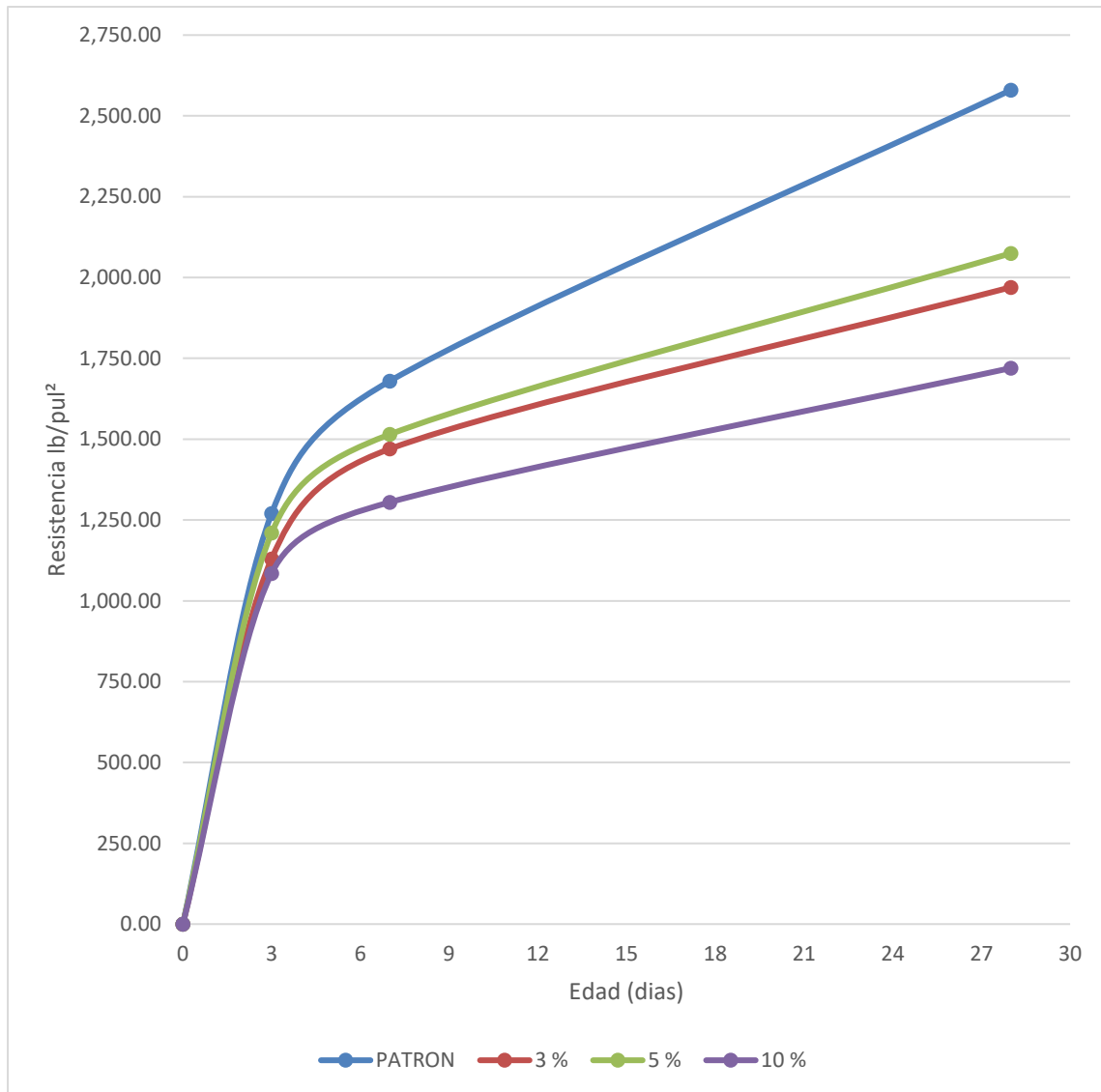
| Comparación de las Resistencias en lb/plg² | | | | |
|--|--------|---------------|---------------|----------------|
| Edad en días | patrón | Mezcla al 3 % | Mezcla al 5 % | Mezcla al 10 % |
| 3 | 1,270 | 1,130 | 1,210 | 1,085 |
| 7 | 1,680 | 1,470 | 1,515 | 1,305 |
| 28 | 2,580 | 1,970 | 2,075 | 1,720 |

Nota. La tabla indica la comparación de resistencia a la compresión a diferentes edades. Elaboración propia, realizado con Excel.

Al comparar los resultados obtenidos se puede observar como la resistencia disminuye conforme se aumenta la adición de viruta y este efecto se mantiene en cada edad en la que se realizaron los ensayos.

Figura 28.

Comparación de resistencias a compresión



Nota. Gráfico que indica la comparación de las diferentes resistencias a diferentes edades. Elaboración propia, realizado con Excel.

Se puede observar que el desarrollo de la resistencia de concreto es normal, pero al adicionar porcentaje de viruta en las mezclas de concreto la resistencia se ve afectada y esta disminuye a medida que esta se aumenta.

También se pudo observar que dada la morfología de la viruta esta no permite la correcta adherencia entre cemento y agregados lo que es un factor determinante en la resistencia del concreto.

5.4. Esfuerzo a flexión en el concreto

En los resultados siguientes se muestra el efecto que tiene la adición de viruta de madera en la resistencia a flexión del concreto cuando está en estado endurecido.

Tabla 18.

Esfuerzo a flexión del concreto por cada mezcla de concreto

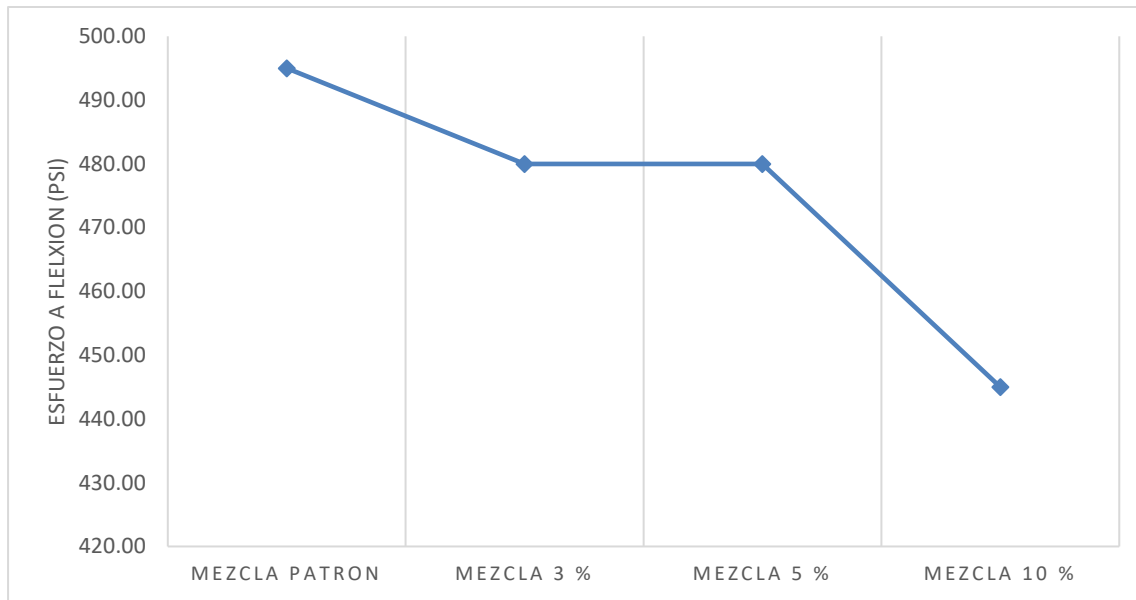
| Esfuerzo a flexión Modulo de Ruptura | | |
|---|---------------------|---------------------------------|
| Muestra | Edad en días | Esfuerzo a flexión (Psi) |
| Mezcla patrón | 28 | 495.00 |
| Mezcla 3 % | 28 | 480.00 |
| Mezcla 5 % | 28 | 480.00 |
| Mezcla 10 % | 28 | 445.00 |

Nota. La tabla indica la resistencia a flexión del concreto a los 28 días. Elaboración propia, realizado con Excel.

Se puede observar que al aumentar el porcentaje de viruta en el concreto el esfuerzo flexión disminuye.

Figura 29.

Comparación del esfuerzo a flexión por cada tipo de mezcla



Nota. Gráfico que indica la disminución del esfuerzo a flexión en el concreto. Elaboración propia, realizado con Excel.

Al aumentar el porcentaje de viruta el esfuerzo a flexión disminuye, entre el 3 % al 5 % de adición esta reducción es mínima, pero en un rango mayores al 5 % la reducción es mayor.

5.5. Resistencia a tracción indirecta

En los resultados siguientes se muestra el efecto que tiene la adición de viruta de madera en la resistencia a tracción indirecta del concreto cuando está en estado endurecido.

Tabla 19.

Comparación de la resistencia a tracción indirecta

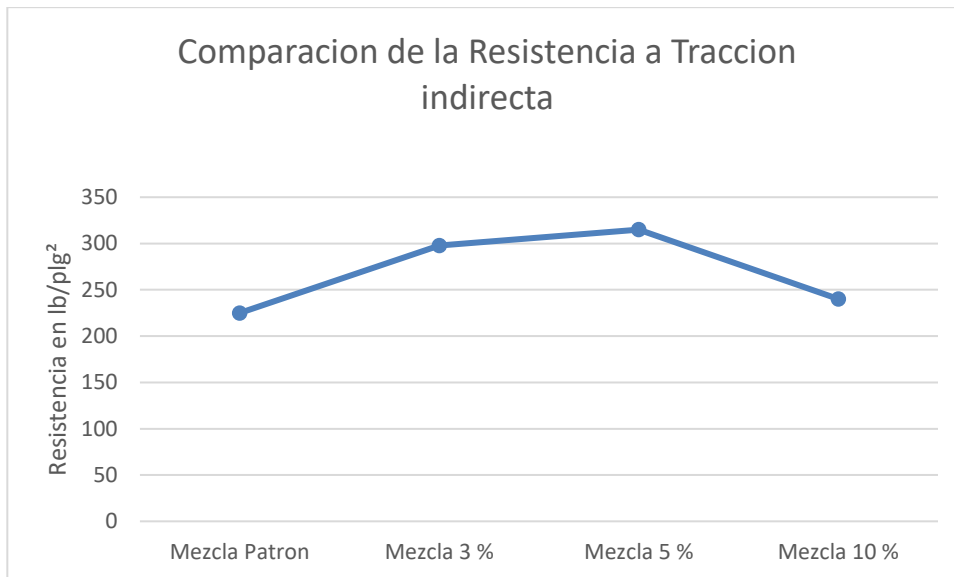
| Resistencia a tracción indirecta | | | | |
|---|-------------|---------------|---|--|
| No. | Edad | Mezcla | Resistencia (lb/plg²) | Resistencia promedio (lb/plg²) |
| 1 | 28 | Mezcla patrón | 255 | 225 |
| 2 | | | 195 | |
| 3 | 28 | Mezcla 3 % | 305 | 298 |
| 4 | | | 290 | |
| 5 | 28 | Mezcla 5 % | 325 | 315 |
| 6 | | | 305 | |
| 7 | 28 | Mezcla 10 % | 240 | 240 |
| 8 | | | 240 | |

Nota. La tabla indica la resistencia a tracción del concreto a los 28 días. Elaboración propia, realizado con Excel.

La adición de viruta el concreto le brinda una mayor resistencia a la tracción obteniéndose también una mayor ductilidad.

Figura 30.

Resistencia a tracción indirecta a los 28 días



Nota. Gráfico que indica la resistencia a tracción indirecta del concreto con diferentes porcentajes de viruta. Elaboración propia, realizado con Excel.

La resistencia a tracción del concreto aumenta con porcentajes bajos de viruta de madera.

En el caso de la adición al 3 % y 5 % se pudo observar la máxima resistencia a tracción indirecta siendo estables en estos valores, se pudo observar en el ensayo el comportamiento del concreto fue más dúctil, evidenciando mayores deformaciones.

En la mezcla con adición al 10 % la resistencia empieza a disminuir, pero siendo más dúctil que la mezcla patrón.

5.6. Comparación de los pesos de las muestras de concreto a diferentes edades

En los resultados siguientes se muestra el efecto que tiene la adición de viruta de madera en el peso del concreto cuando está en estado endurecido.

Tabla 20.

Comparación de pesos de las muestras de concreto

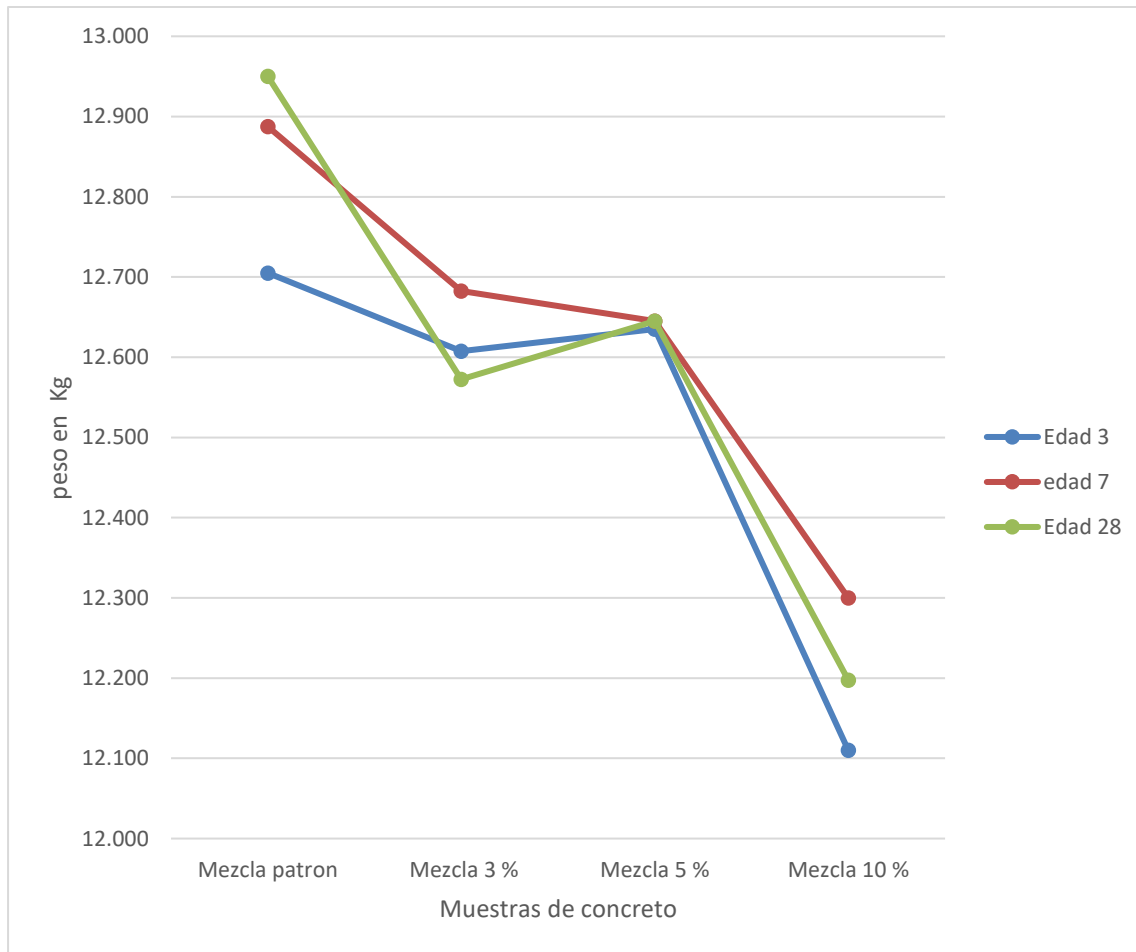
| Peso en kg | | | | |
|---------------------|---------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| Edad en días | Patrón | Mezcla al 3 % | Mezcla al 5 % | Mezcla al 10 % |
| 3 | 12.705 | 12.608 | 12.635 | 12.110 |
| 7 | 12.888 | 12.683 | 12.645 | 12.300 |
| 28 | 12.950 | 12.573 | 12.645 | 12.198 |

Nota. La tabla indica el peso de las muestras de concreto a diferentes edades por cada mezcla de concreto. Elaboración propia, realizado con Excel.

El objetivo del estudio es disminuir el peso del concreto con la adición de viruta de madera, en la tabla anterior se puede observar que la disminución obtenida es mínima siendo esta reducción del peso de entre un rango del 1 % al 5 %.

Figura 31.

Comparación de Pesos de las muestras de concreto



Nota. Gráfico que indica los pesos de cada muestra de concreto a diferentes edades por cada mezcla de concreto. Elaboración propia, realizado con Excel.

Cada línea de color representa la edad en la que se tomaron los pesos, al adicionar porcentajes menores al 5 % de viruta de madera la reducción de peso no es tan significativa, pero en el caso de la adición del 10 % se obtuvo una reducción mayor.

CONCLUSIONES

1. Al incorporar viruta de madera de pino al concreto fresco para buscar reducir su densidad, se determinó que, si reduce su densidad, pero también se reduce su trabajabilidad y resistencia.
2. Al analizar y comparar las propiedades mecánicas del concreto normal con un modificado con la adición de la viruta de madera, se determinó que la adición de esta hizo aumentar la demanda de agua debido a la absorción propia de la viruta, la cantidad de agua fue considerablemente mayor a la requerida por el diseño teórico y al diseño práctico de la mezcla de referencia, afectando directamente las propiedades del concreto endurecido disminuyendo su resistencia a compresión y la resistencia a flexión. Además, la adición de viruta afectó la trabajabilidad del concreto fresco impidiendo la adecuada colocación de este.
3. Se determinó que con la adición de viruta menor al 5 % se obtuvo una máxima resistencia a tracción indirecta, esto se debe a que el agua disponible en la mezcla de concreto fue en parte absorbida por la viruta lo cual pudo favorecer indirectamente el aumento de resistencia, adicional a este factor también se observó que debido a la distribución de la viruta dentro del concreto y la posición del elemento ensayado respecto a la aplicación de la carga durante el ensayo, los esfuerzos actúan de forma diferente a los de compresión y estos favorecieron el aumento en la resistencia, esta característica solo se observó en este ensayo sin embargo, es la resistencia a compresión la que determina el esfuerzo del concreto y es a donde se enfocó principalmente el estudio.

4. Se determinó que la adición de viruta de madera no es recomendable para hacer un concreto estructural, ya que se pudo observar en los resultados de los ensayos que la naturaleza de la viruta al estar en contacto con el concreto no permite la correcta adherencia de los agregados y la pasta de cemento, además de ser un material absorbente lo que contribuye a la disminución de trabajabilidad, resistencia y durabilidad.

5. De acuerdo con los resultados obtenidos de los ensayos y con estudios prolongados, y profundos se podrían obtener materiales derivados de la combinación de concreto con viruta de madera que no requieran un desempeño estructural y que sean livianos. De esta forma poder darle una aplicación a este residuo de la madera.

RECOMENDACIONES

1. Proponer la viruta de madera para ser utilizada como agregado en una mezcla de concreto siempre y cuando se requiera un concreto no estructural y se utilicen porcentajes menores al 5 % de viruta y se estudie o se desarrollen métodos que mejoren el desempeño de concreto, como el uso de aditivos para mejorar la fluidez.
2. Usar un aditivo fluidificante que mejore la trabajabilidad del concreto fresco para poder utilizar porcentajes mayores al 5 % de adición de viruta.
3. Verificar que la viruta de madera que se utiliza sea de un proceso industrial y se recomienda que la distribución y tamaño de esta sea uniforme y de un tamaño menor al del agregado grueso para que de esta manera se obtenga una correcta distribución en la mezcla y no tenga una incidencia significativa en la adherencia.
4. Usar el concreto con adición de viruta de madera en paneles o elementos no estructurales en la construcción debido a que tiene baja resistencia.
5. Estudiar la viruta para determinar en qué medida la materia orgánica de este material incide en el deterioro o patologías negativas en el concreto a largo plazo, debido que durante los ensayos de laboratorio se observó deterioro de las muestras.

REFERENCIAS

- Anderson, F. (12 de Marzo de 2020). *Concreto Residuo de madera*.
<https://comunidad.sociallab.com/challenges/leanplaysocial/idea/19142>
- Coguanor. (2016). *Análisis granulométrico por tamices de los agregados fino y grueso*. (NTG 41010 h1). <https://www.iccg.org.gt/index.php/normas-tecnicas/normas-tecnicas-guatemaltecas-ntg/agregados>
- Coguanor. (2016). *Determinación de la densidad aparente (masa unitaria) e índice de vacíos en los agregados*. (NTG 41010 h2).
<https://www.iccg.org.gt/index.php/normas-tecnicas/normas-tecnicas-guatemaltecas-ntg/agregados>
- Coguanor. (2016). *Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción de agua del agregado fino*. (NTG 41010 h9).
<https://www.iccg.org.gt/index.php/normas-tecnicas/normas-tecnicas-guatemaltecas-ntg/agregados>
- Coguanor. (2016). *Determinación de la densidad, densidad relativa (Gravedad específica) y absorción de agua del agregado grueso*. (NTG 41010 h8).
<https://www.iccg.org.gt/index.php/normas-tecnicas/normas-tecnicas-guatemaltecas-ntg/agregados>

Coguanor. (2016). *Determinacion de materia orgánica en los agregados finos para concreto*. (NTG 41010 h4).

<https://www.iccg.org.gt/index.php/normas-tecnicas/normas-tecnicas-guatemaltecas-ntg/agregados>

Coguanor. (2016). *Determinacion por lavado de material que pasa por el tamiz 75 μ m No. 200 en agregados*. (NTG 41010 h3).

<https://www.iccg.org.gt/index.php/normas-tecnicas/normas-tecnicas-guatemaltecas-ntg/agregados>

Coguanor. (2016). *Práctica para la elaboracion y curado de especimenes de ensayo de concreto en el laboratorio*. (NTG 41060).

<https://www.iccg.org.gt/index.php/normas-tecnicas/normas-tecnicas-guatemaltecas-ntg/concreto>

Coguanor. (2017). *Determinación de la resistencia a la compresion de especimenes cilindricos de concreto*. (NTG 41017 h1).

<https://www.iccg.org.gt/index.php/normas-tecnicas/normas-tecnicas-guatemaltecas-ntg/concreto>

Coguanor. (2017). *Determinación de la resistencia a tracción indirecta de especimenes de concreto*. (NTG 41017 h15).

<https://www.iccg.org.gt/index.php/normas-tecnicas/normas-tecnicas-guatemaltecas-ntg/concreto>

Coguanor. (2017). *Método de ensayo para determinar el esfuerzo de flexión del concreto (utilizando una viga simplemente soportada con cargas en los tercios de la luz)*. (NTG 41017 h2).

<https://www.iccg.org.gt/index.php/normas-tecnicas/normas-tecnicas-guatemaltecas-ntg/concreto>

Coguanor. (2022). *Determinación de la densidad aparente (masa unitaria) rendimiento (volumen producido) y contenido de aire (gravimétrico) del concreto*. (NTG 41017 h5). <https://www.iccg.org.gt/index.php/normas-tecnicas/normas-tecnicas-guatemaltecas-ntg/concreto>

Coguanor. (2022). *Determinación del asentamiento del concreto hidráulico*. (NTG 41017 h4). <https://www.iccg.org.gt/index.php/normas-tecnicas/normas-tecnicas-guatemaltecas-ntg/concreto>

Coguanor. (2022). *Determinación del contenido de aire del concreto hidráulico recién mezclado por el método de presión*. (NTG 41017 h7) <https://www.iccg.org.gt/index.php/normas-tecnicas/normas-tecnicas-guatemaltecas-ntg/concreto>

Coguanor. (2022). *Medición de la temperatura del concreto hidráulico recién mezclado*. (NTG 41053). <https://www.iccg.org.gt/index.php/normas-tecnicas/normas-tecnicas-guatemaltecas-ntg/concreto>

Coronel, J. (2016). *Análisis del comportamiento de mezclas cementicias con la inclusión de fibras de madera*. [Tesis de pregrado, Universidad Espíritu Santo Ecuador]. Repositorio Institucional.

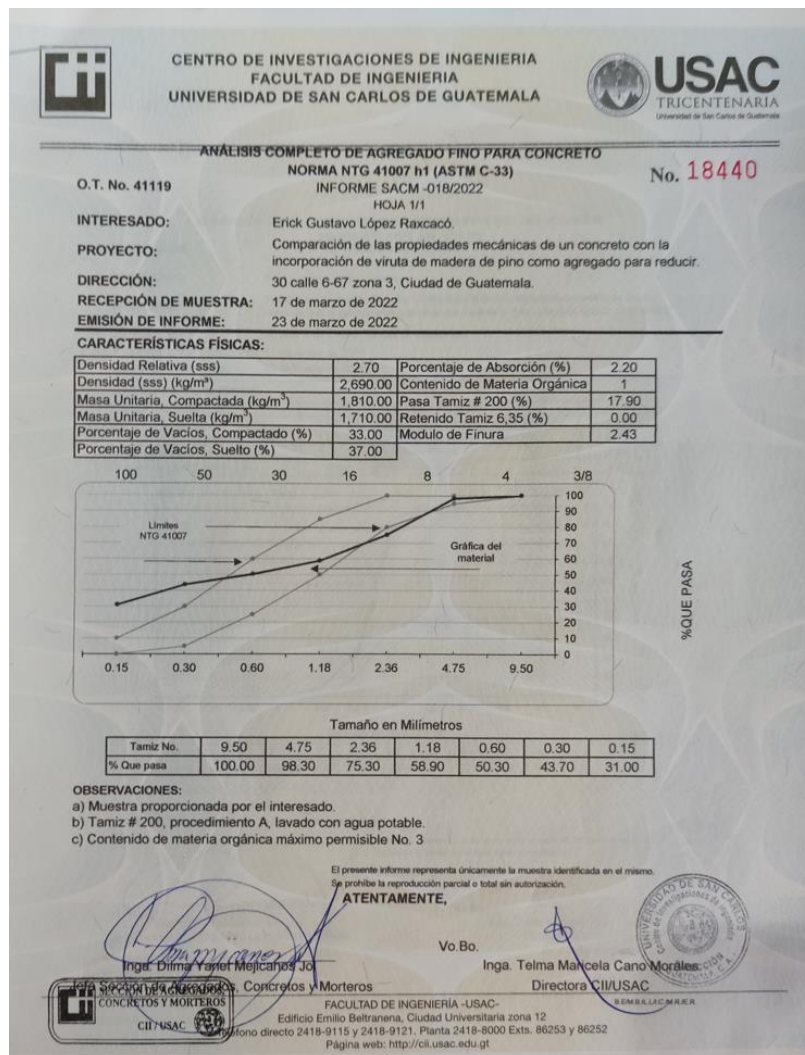
Mejía, W. (2009). *Morteros con fibra de madera*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería Perú]. Repositorio Institucional.

Sandoval, R. (2014). *Determinacion de la linea base de tecnologia utilizada por la industria forestal de transformacion primaria de la regio de Guatemala, en el instituto nacional de bosques INAB*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio institucional.

ANEXOS

Anexo 1.

Análisis completo del agregado fino



Nota. Características físicas del agregado fino. Obtenido de Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería (2022). *Análisis completo del agregado fino para concreto.* (1) USAC.

Anexo 2.

Análisis completo del agregado grueso



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

No. 18441

INFORME DE ANÁLISIS COMPLETO DE AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO
NORMA NTG 41007 (ASTM C-33)
INFORME SACM - 019/2022
HOJA 1/1

O.T. No. 41119

INTERESADO: Erick Gustavo López Raxcacó.

PROYECTO: Trabajo de graduación titulado: "Comparación de las propiedades mecánicas de un concreto con la incorporación de viruta de madera de pino como agregado para reducir".

DIRECCIÓN: 30 calle 6-67 zona 3, Ciudad de Guatemala.

RECEPCIÓN DE MUESTRA: 17 de marzo de 2022

EMISIÓN DE INFORME: 23 de marzo de 2022

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

| | | | |
|--|----------|--------------------------------------|-------|
| Densidad Relativa (asa) | 2.70 | Pasa Tamiz # 200 (%) | 0.90 |
| Densidad (asa) (kg/m ³) | 2,690.00 | Porcentaje de Vacíos, Compactado (%) | 43.00 |
| Masa Unitaria, Compactada (kg/m ³) | 1,550.00 | Porcentaje de Vacíos, Suelto (%) | 48.00 |
| Masa Unitaria, Suelta (kg/m ³) | 1,410.00 | Modulo de Finura | 7.00 |
| Porcentaje de Absorción (%) | 0.40 | Pasa Tamiz 6,35 (%) | 2.00 |



Tamaño en milímetros

| Tamiz No. | 2" | 1 1/2" | 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | No.4 | No.8 | No.16 |
|------------|--------|--------|--------|-------|-------|------|------|------|-------|
| % Que pasa | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 95.00 | 23.00 | 5.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

OBSERVACIONES:

a) Muestra proporcionada por el interesado.

b) Tamiz # 200, procedimiento A, lavado con agua potable.

ATENTAMENTE,



Inga. Olima Yaret Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

Vo.Bo.



Inga. Telma Marcela Cano Morales
Directora CII/USAC



SECCIÓN DE AGREGADOS
CONCRETOS Y MORTEROS
CII / USAC

FACULTAD DE INGENIERÍA -USAC-
Edificio Emilio Beltrarena, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>




UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
CATEDRA DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
DIRECCION
CULTURAL S.A.

Nota. Características físicas del agregado grueso. Obtenido de Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería (2022). *Análisis completo del agregado grueso para concreto.* (1) USAC.

Anexo 3.

Diseño teórico de mezcla patrón



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

INFORME DE DISEÑO TEÓRICO DE MEZCLA DE CONCRETO
INFORME SACM - 020/2022
HOJA 1/1

No. 18443

O.T. No. 41119
INTERESADO: Erick Gustavo López Raxcacó, Carné: 201020455.
PROYECTO: Trabajo de graduación titulado: "Comparación de las propiedades mecánicas de un concreto con la incorporación de viruta de madera de pino como agregado para reducir su densidad".
DIRECCIÓN: 30 calle 6-67 Zona 3, Ciudad de Guatemala.
RECEPCIÓN DE MUESTRA: 11 de marzo de 2022
EMISIÓN DE INFORME: 24 de marzo de 2022

1. GENERALIDADES
1.1 El interesado proporciono el material y solicito a este Centro de Investigaciones, el análisis completo para agregados fino y agregado grueso, para realizar un diseño teórico de mezcla de 4 000 psi (280 kg/cm²) con Cemento Progreso, tipo UG 4 000 psi.

2. CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS
2.1 Análisis de agregado fino. INFORME SACM - 018/2020
2.2 Análisis de agregado grueso. INFORME SACM - 019/2022

3. DISEÑO DE MEZCLA
3.1 Resistencia Nominal 280 kg/cm²
3.2 Resistencia Promedio Requerida 315 kg/cm²
3.3 Relación Agua/Cemento 0.523
3.4 Asentamiento: 8 a 10 cm (3 a 4 ")
3.5 Datos de la Mezcla:

| CONCRETO NORMAL f'c = 280 kg/cm ² | | | |
|--|--------------------|--------------------------------|--|
| MATERIALES | PROPORCIÓN EN PESO | PROPORCIÓN EN VOLUMEN (LITROS) | PROPORCIÓN EN VOLUMEN (kg/m ³) |
| CEMENTO | 1.00 | 1 SACO | 382.00 |
| ARENA | 2.04 | 50.70 | 778.00 |
| PIEDRÍN / GRAVA | 2.59 | 78.06 | 990.00 |
| AGUA LIBRE | 0.523 | 22.22 | 200.00 |

4. RECOMENDACIONES
4.1 Evaluar en obra el diseño propuesto y obtener 6 cilindros de 6" de diámetro y 12" de altura, para su control de resistencia, con el ensayo a compresión, el cual se realiza en el CII/USAC.
4.2 El diseño de mezcla esta propuesto para agregados en condición seco-saturados, debido a las condiciones de obra, se deberá corregir por humedad.
4.3 Llevar un sistema de control de calidad según lo establece el ACI 318.
4.4 Utilizar aditivo, que mejore las condiciones del diseño de mezcla.



Inga. Dilma Varín Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

Atentamente,



Vo.Bo.
Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC

El presente informe representa únicamente las muestras identificadas en el mismo. Se prohíbe la reproducción parcial o total sin autorización.






SECCIÓN DE AGREGADOS,
CONCRETOS Y MORTEROS
CII / USAC


FACULTAD DE INGENIERÍA -USAC-
Edificio Emilio Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121, Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Nota. Diseño de mezcla patrón. Obtenido de Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería (2022). Informe de diseño teórico de mezcla de concreto. (1) USAC.

Anexo 4.

Diseño teórico de mezcla con adición del 3 % de viruta

 **CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA**
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

 **USAC**
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

INFORME DE DISEÑO TEÓRICO DE MEZCLA DE CONCRETO No. 18445
INFORME SACM - 021/2022
HOJA 1/1

O.T. No. 41119
INTERESADO: Erick Gustavo López Raxcacó, Carné: 201020455.
PROYECTO: Trabajo de graduación titulado: "Comparación de las propiedades mecánicas de un concreto con
DIRECCIÓN: 30 calle 6-67 Zona 3, Ciudad de Guatemala.
RECEPCIÓN DE MUESTRA: 11 de marzo de 2022
EMISIÓN DE INFORME: 24 de marzo de 2022

1. GENERALIDADES
1.1 El interesado proporciono el material y solicito a este Centro de Investigaciones, el análisis completo para agregados fino y agregado grueso, para realizar un diseño teórico de mezcla de 4 000 psi (280 kg/cm²) con Cemento Progreso, tipo UG 4 000 psi.

2. CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS
2.1 Análisis de agregado fino.
2.2 Análisis de agregado grueso.

3. DISEÑO DE MEZCLA
3.1 Resistencia Nominal 280 kg/cm²
3.2 Resistencia Promedio Requerida 315 kg/cm²
3.3 Relación Agua/Cemento 0.523
3.4 Asentamiento: 8 a 10 cm (3 a 4 ")
3.5 Datos de la Mezcla:

INFORME SACM - 018/2022
INFORME SACM - 019/2022

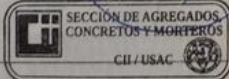
| CONCRETO NORMAL f'c = 280 kg/cm2 | | | |
|-----------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--|
| MATERIALES | PROPORCIÓN EN PESO | PROPORCIÓN EN VOLUMEN (LITROS) | PROPORCIÓN EN VOLUMEN (kg/m ³) |
| CEMENTO | 1.00 | 1 SACO | 382.00 |
| ARENA | 2.04 | 50.70 | 778.00 |
| PIEDRÍN / GRAVA | 2.59 | 78.06 | 990.00 |
| AGUA LIBRE | 0.523 | 22.22 | 200.00 |
| INCORPORACIÓN DE VIRUTA DE MADERA | 3,00 % sobre peso de cemento | | |

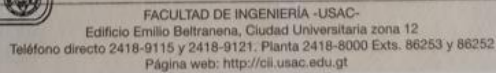
4. RECOMENDACIONES
4.1 Evaluar en obra el diseño propuesto y obtener 6 cilindros de 6" de diámetro y 12" de altura, para su control de resistencia, con el ensayo a compresión, el cual se realiza en el CII/USAC.
4.2 El diseño de mezcla esta propuesto para agregados en condición seco-saturados, debido a las condiciones de obra, se deberá corregir por humedad.
4.3 Llevar un sistema de control de calidad según lo establece el ACI 318.
4.4 Utilizar aditivo, que mejore las condiciones del diseño de mezcla.

Atentamente,
El presente informe representa únicamente las muestras identificadas en el mismo. Se prohíbe la reproducción parcial o total sin autorización.

Ing. Dilma Yanet Mejicanos Jor
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

Vo.Bo. Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC


 **SECCIÓN DE AGREGADOS, CONCRETOS Y MORTEROS**
CII/USAC


 **FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-**
Edificio Emilio Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Nota. Diseño de mezcla con adición de viruta al 3 %. Obtenido de Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería (2022). Informe de diseño teórico de mezcla de concreto. (2) USAC.

Anexo 5.

Diseño teórico de mezcla con adición del 5 % de viruta

 **CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA**
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

 **USAC**
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

INFORME DE DISEÑO TEÓRICO DE MEZCLA DE CONCRETO No. 18446
INFORME SACM - 022/2022
HOJA 1/1

O.T. No. 41119
INTERESADO: Erick Gustavo López Raxcacó, Carné: 201020455.

PROYECTO: Trabajo de graduación titulado: "Comparación de las propiedades mecánicas de un concreto con la incorporación de viruta de madera de pino como agregado para reducir su densidad".

DIRECCIÓN: 30 calle 6-67 Zona 3, Ciudad de Guatemala.
RECEPCIÓN DE MUESTRA: 11 de marzo de 2022
EMISIÓN DE INFORME: 24 de marzo de 2022

1. GENERALIDADES
1.1 El interesado proporciono el material y solicito a este Centro de Investigaciones, el análisis completo para agregados fino y agregado grueso, para realizar un diseño teórico de mezcla de 4 000 psi (280 kg/cm²) con Cemento Progreso, tipo UG 4 000 psi.

2. CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS
2.1 Análisis de agregado fino.
2.2 Análisis de agregado grueso.


3. DISEÑO DE MEZCLA
3.1 Resistencia Nominal 280 kg/cm²
3.2 Resistencia Promedio Requerida 315 kg/cm²
3.3 Relación Agua/Cemento 0.523
3.4 Asentamiento: 8 a 10 cm (3 a 4 ")
3.5 Datos de la Mezcla:

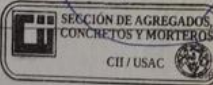
| CONCRETO NORMAL f'c = 280 kg/cm ² | | | |
|--|------------------------------|--------------------------------|--|
| MATERIALES | PROPORCIÓN EN PESO | PROPORCIÓN EN VOLUMEN (LITROS) | PROPORCIÓN EN VOLUMEN (kg/m ³) |
| CEMENTO | 1.00 | 1 SACO | 382.00 |
| ARENA | 2.04 | 50.70 | 778.00 |
| PIEDRÍN / GRAVA | 2.59 | 78.06 | 990.00 |
| AGUA LIBRE | 0.523 | 22.22 | 200.00 |
| INCORPORACIÓN DE VIRUTA DE MADERA | 5,00 % sobre peso de cemento | | |


4. RECOMENDACIONES
4.1 Evaluar en obra el diseño propuesto y obtener 6 cilindros de 6" de diámetro y 12" de altura, para su control de resistencia, con el ensayo a compresión, el cual se realiza en el CII/USAC.
4.2 El diseño de mezcla esta propuesto para agregados en condición seco-saturados, debido a las condiciones de obra, se deberá corregir por humedad.
4.3 Llevar un sistema de control de calidad según lo establece el ACI 318.
4.4 Utilizar aditivo, que mejore las condiciones del diseño de mezcla.

Atentamente, El presente informe representa únicamente las muestras identificadas en el mismo. Se prohíbe la reproducción parcial o total sin autorización.

Vo.Bo. Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC


Inga. Telma Maricela Cano Morales
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

 **SECCIÓN DE AGREGADOS**
CONCRETOS Y MORTEROS
CII / USAC


 **UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS**
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
DIRECCIÓN
GUATEMALA, G. A.


FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-
Edificio Emilio Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Nota. Diseño de mezcla con adición de viruta al 5 %. Obtenido de Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería (2022). Informe de diseño teórico de mezcla de concreto. (3) USAC.

Anexo 6.

Diseño teórico de mezcla con adición del 10 % de viruta

 **CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA**
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

 **USAC**
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

INFORME DE DISEÑO TEÓRICO DE MEZCLA DE CONCRETO No. 18447
INFORME SACM - 023/2022
HOJA 1/1

O.T. No. 41119
INTERESADO: Erick Gustavo López Raxcacó, Carné: 201020455.

PROYECTO: Trabajo de graduación titulado: "Comparación de las propiedades mecánicas de un concreto con la incorporación de viruta de madera de pino como agregado para reducir su densidad".

DIRECCIÓN: 30 calle 6-67 Zona 3, Ciudad de Guatemala.
RECEPCIÓN DE MUESTRA: 11 de marzo de 2022
EMISIÓN DE INFORME: 24 de marzo de 2022

1. GENERALIDADES

1.1 El interesado proporciono el material y solicito a este Centro de Investigaciones, el análisis completo para agregados fino y agregado grueso, para realizar un diseño teórico de mezcla de 4 000 psi (280 kg/cm²) con Cemento Progreso, tipo UG 4 000 psi.

2. CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS

2.1 Análisis de agregado fino.
2.2 Análisis de agregado grueso.

3. DISEÑO DE MEZCLA

3.1 Resistencia Nominal 280 kg/cm²
3.2 Resistencia Promedio Requerida 315 kg/cm²
3.3 Relación Agua/Cemento 0.523
3.4 Asentamiento: 8 a 10 cm (3 a 4 ")
3.5 Datos de la Mezcla:

| CONCRETO NORMAL F'c = 280 kg/cm ² | | | |
|--|-------------------------------|--------------------------------|--|
| MATERIALES | PROPORCIÓN EN PESO | PROPORCIÓN EN VOLUMEN (LITROS) | PROPORCIÓN EN VOLUMEN (kg/m ³) |
| CEMENTO | 1.00 | 1 SACO | 382.00 |
| ARENA | 2.04 | 50.70 | 778.00 |
| PIEDRÍN / GRAVA | 2.59 | 78.06 | 990.00 |
| AGUA LIBRE | 0.523 | 22.22 | 200.00 |
| INCORPORACIÓN DE VIRUTA DE MADERA | 10,00 % sobre peso de cemento | | |


4. RECOMENDACIONES

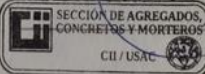
4.1 Evaluar en obra el diseño propuesto y obtener 6 cilindros de 6" de diámetro y 12" de altura, para su control de resistencia, con el ensayo a compresión, el cual se realiza en el CII/USAC.
4.2 El diseño de mezcla esta propuesto para agregados en condición seco-saturados, debido a las condiciones de obra, se deberá corregir por humedad.
4.3 Llevar un sistema de control de calidad según lo establece el ACI 318.
4.4 Utilizar aditivo, que mejore las condiciones del diseño de mezcla.

Atentamente,

Inga. Dinares Espet Mejicanos JG
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

Vo.Bo. Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC



 **SECCIÓN DE AGREGADOS, CONCRETOS Y MORTEROS**
CII/USAC

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-
Edificio Emilio Beltrana, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Nota. Diseño de mezcla con adición de viruta al 10 %. Obtenido de Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería (2022). Informe de diseño teórico de mezcla de concreto. (4) USAC.

Anexo 7.

Resistencia a compresión mezcla patrón



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



O.T. No. 41119

INTERESADO: Erick Gustavo López Raxcacó.

PROYECTO: Comparación de las propiedades mecánicas de un concreto con la incorporación de viruta de madera de pino como agregado para reducir.

DIRECCIÓN: 30 calle 6-67, zona 3, Ciudad de Guatemala.

RECEPCIÓN DE MUESTRA: 16 de marzo de 2022

EMISIÓN DE INFORME: 27 de abril de 2022

INFORME DE ENSAYO A COMPRESIÓN PARA CILINDROS DE CONCRETO
NORMA NTG - 41017 h1 (ASTM C-39)
INFORME SACM - 024/2022
HOJA 1/1

No. 18448

| Nº CILINDRO OBRA | Nº CILINDRO LABORATORIO | FECHA DE ELABORACIÓN | FECHA DE RUPTURA | EDAD en días | CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA ESTRUCTURA | PESO en kg | DIÁMETRO en mm | ALTURA en mm | CARGA en libras | RESISTENCIA Alfa | RESISTENCIA beta ¹ | TIPO DE FRACTURA |
|------------------|-------------------------|----------------------|------------------|--------------|--|------------|----------------|--------------|-----------------|------------------|-------------------------------|------------------|
| 1 | 04-03 | 25/03/2022 | 28/03/2022 | 3 | Control de calidad de diseño de concreto | 12.700 | 152.250 | 303.000 | 35,000 | 8.60 | 1,250 | 3 |
| 2 | 05-03 | 25/03/2022 | 28/03/2022 | 3 | | 12.710 | 152.750 | 303.000 | 36,500 | 8.90 | 1,290 | 3 |
| 3 | 01-04 | 25/03/2022 | 01/04/2022 | 7 | | 12.865 | 152.250 | 303.000 | 47,500 | 11.60 | 1,680 | 3 |
| 4 | 02-04 | 25/03/2022 | 01/04/2022 | 7 | | 12.910 | 152.750 | 305.000 | 48,000 | 11.60 | 1,680 | 2 |
| 5 | 09-04 | 25/03/2022 | 22/04/2022 | 28 | | 12.945 | 152.500 | 304.000 | 75,000 | 18.20 | 2,640 | 5 |
| 6 | 10-04 | 25/03/2022 | 22/04/2022 | 28 | | 12.955 | 153.000 | 304.000 | 72,000 | 17.40 | 2,520 | 5 |

OBSERVACIONES :

a) Diseño de mezcla bajo condiciones de laboratorio.

b) Muestras ensayadas en maquina de compresión RIEHLE Testing Machine Division con capacidad de 300,000 lbs.

c) Dial utilizado para lectura de cargas: 300,000 lbs.

d) Cilindros cabeceados según norma NTG-41067 (ASTM C-1231).

e) Asentamiento de mezcla: 30,0 mm. (1 ¼")

f) Peso unitario: 2 349,0 Kg/m³.

g) Contenido de aire, medidor tipo B: 2.8 %.

h) Temperatura: 21,5 °C.

i) Proporción utilizada: 1 : 2,04 : 2,59 : 0,600

BOSQUEJO DE TIPOS DE FRACTURA



TIPO 1 TIPO 2 TIPO 3 TIPO 4 TIPO 5 TIPO 6

El presente informe representa únicamente los resultados identificados en el mismo.
Se prohíbe la reproducción parcial o total sin autorización.

ATENAMENTE,



Inga. Diana Janet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

Vo.Bo.



Inga. Telma Marcela Cano Morales
Directora CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-
Edificio Emilio Beltrarena, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121, Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>



Nota. Resistencia del concreto patrón. Obtenido de Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería (2022). *Informe de ensayo a compresión para cilindros de concreto.* (1) USAC.

Anexo 8.

Resistencia a compresión con adición del 3 % de viruta



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

INFORME DE ENSAYO A COMPRESIÓN PARA CILINDROS DE CONCRETO
NORMA NTG - 41017 h1 (ASTM C-39)
INFORME SACM - 025/2022
HOJA 1/1

No. 18449

O.T. No. 41119

INTERESADO: Erick Gustavo López Raxcacó.

PROYECTO: Comparación de las propiedades mecánicas de un concreto con la incorporación de viruta de madera de pino como agregado para reducir.

DIRECCIÓN: 30 calle 6-67, zona 3, Ciudad de Guatemala.

RECEPCIÓN DE MUESTRA: 16 de marzo de 2022

EMISIÓN DE INFORME: 27 de abril de 2022

| Nº CILINDRO OBRA | Nº CILINDRO LABORATORIO | FECHA DE ELABORACIÓN | FECHA DE RUPTURA | EDAD en días | CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA ESTRUCTURA | PESO en kg | DIÁMETRO en mm | ALTURA en mm | CARGA en libras | RESISTENCIA Mpa | RESISTENCIA lb/in ² | TIPO DE FRACTURA |
|------------------|-------------------------|----------------------|------------------|--------------|--|------------|----------------|--------------|-----------------|-----------------|--------------------------------|------------------|
| 1 | 10-03 | 28/03/2022 | 31/03/2022 | 3 | Control de calidad de diseño de concreto | 12.545 | 152.250 | 302.000 | 32,000 | 7.80 | 1,130 | 3 |
| 2 | 11-03 | 28/03/2022 | 31/03/2022 | 3 | | 12.670 | 152.000 | 305.000 | 32,000 | 7.80 | 1,130 | 3 |
| 3 | 05-04 | 28/03/2022 | 04/04/2022 | 7 | | 12.720 | 152.500 | 304.000 | 42,500 | 10.30 | 1,490 | 3 |
| 4 | 06-04 | 28/03/2022 | 04/04/2022 | 7 | | 12.645 | 152.250 | 305.000 | 41,000 | 10.00 | 1,450 | 3 |
| 5 | 17-04 | 28/03/2022 | 25/04/2022 | 28 | | 12.590 | 151.750 | 303.000 | 53,000 | 13.00 | 1,890 | 6 |
| 6 | 18-04 | 28/03/2022 | 25/04/2022 | 28 | | 12.555 | 151.500 | 302.000 | 57,000 | 14.10 | 2,050 | 6 |

OBSERVACIONES :

- Diseño de mezcla bajo condiciones de laboratorio.
- Muestras ensayadas en maquina de compresión RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 300,000 lbs.
- Dial utilizado para lectura de cargas: 300,000 lbs.
- Cilindros cabeceados según norma NTG-41067 (ASTM C-1231).
- Asentamiento de mezcla: 12.5 mm. (1/2")
- Peso unitario: 2 296,0 Kg/m³.
- Contenido de aire, medidor tipo B: 3,4 %.
- Temperatura: 21,5 °C.
- Proporción utilizada: 1 : 2,04 : 2,59 : 0,600
- Mezcla de concreto con: 3% de viruta de madera.

BOSQUEJO DE TIPOS DE FRACTURA



TIPO 1 TIPO 2 TIPO 3 TIPO 4 TIPO 5 TIPO 6

El presente informe representa únicamente los resultados identificados en el mismo.
Se prohíbe la reproducción parcial o total sin autorización.

ATENTAMENTE,



Inga. Dilma Zahat Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

Vo.Bo.



Inga. Telma Marcela Cano Morales
Directora CII/USAC



SECCIÓN DE AGREGADOS,
CONCRETOS Y MORTEROS
CII / USAC

FACULTAD DE INGENIERÍA -USAC-
Edificio Emilio Beltrarena, Ciudad Universitaria zona 12
teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121, Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CARRERAS DE INGENIEROS AGREGADOS
DIRECCIÓN
GUATEMALA, P.A.

Nota. Resistencia del concreto al 3 % de adición de viruta de madera. Obtenido de Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería (2022). *Informe de ensayo a compresión para cilindros de concreto.* (2) USAC.

Anexo 9.

Resistencia a compresión con adición del 5 % de viruta



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

O.T. No. 41119

INTERESADO: Erick Gustavo López Raxcacó.

PROYECTO: Comparación de las propiedades mecánicas de un concreto con la incorporación de viruta de madera de pino como agregado para reducir.

DIRECCIÓN: 30 calle 6-67, zona 3, Ciudad de Guatemala.

RECEPCIÓN DE MUESTRA: 16 de marzo de 2022

EMISIÓN DE INFORME: 27 de abril de 2022

INFORME DE ENSAYO A COMPRESIÓN PARA CILINDROS DE CONCRETO

NORMA NTG - 41017 h1 (ASTM C-39)

INFORME SACM - 026/2022

HOJA 1/1

No. **18450**

| No. CILINDRO OBRA | No. CILINDRO LABORATORIO | FECHA DE ELABORACIÓN | FECHA DE RUPTURA | EDAD en días | CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA ESTRUCTURA | PESO en kg | DIÁMETRO en mm | ALTURA en mm | CARGA en libras | RESISTENCIA MPa | RESISTENCIA lb/in ² | TIPO DE FRACTURA |
|-------------------|--------------------------|----------------------|------------------|--------------|--|------------|----------------|--------------|-----------------|-----------------|--------------------------------|------------------|
| 1 | 08-03 | 28/03/2022 | 31/03/2022 | 3 | Control de calidad de diseño de concreto | 12.555 | 152.750 | 304.000 | 34,000 | 8.30 | 1,200 | 3 |
| 2 | 09-03 | 28/03/2022 | 31/03/2022 | 3 | | 12.715 | 151.750 | 306.000 | 34,000 | 8.40 | 1,220 | 3 |
| 3 | 07-04 | 28/03/2022 | 04/04/2022 | 7 | | 12.640 | 152.250 | 305.000 | 42,000 | 10.30 | 1,490 | 3 |
| 4 | 08-04 | 28/03/2022 | 04/04/2022 | 7 | | 12.650 | 152.250 | 304.000 | 43,500 | 10.60 | 1,540 | 3 |
| 5 | 21-04 | 28/03/2022 | 25/04/2022 | 28 | | 12.645 | 151.500 | 305.000 | 57,000 | 14.00 | 2,030 | 3 |
| 6 | 22-04 | 28/03/2022 | 25/04/2022 | 28 | | 12.645 | 151.750 | 304.000 | 59,500 | 14.60 | 2,120 | 6 |

OBSERVACIONES :

- Diseño de mezcla bajo condiciones de laboratorio.
- Muestras ensayadas en maquina de compresión RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 300,000 lbs.
- Dial utilizado para lectura de cargas: 300,000 lbs.
- Cilindros cabeceados según norma NTG-41067 (ASTM C-1231).
- Asentamiento de mezcla: 6,5 mm. (1/4")
- Peso unitario: 2 280,0 Kg/m³.
- Contenido de aire, medidor tipo B: 3,5 %.
- Temperatura: 23,0 °C.
- Proporción utilizada: 1 : 2,04 : 2,59 : 0,600
- Mezcla de concreto con: 5% de viruta de madera.

BOSQUEJO DE TIPOS DE FRACTURA



El presente informe representa únicamente los resultados identificados en el mismo. Se prohíbe la reproducción parcial o total sin autorización.

ATENAMENTE,

Vo.Bo.

Inga. Teima Marcela Cano Morales
Directora CII/USAC



Inga. Diana Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-
Edificio Emilio Beltrarena, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Nota. Resistencia del concreto al 5 % de adición de viruta de madera. Obtenido de Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería (2022). *Informe de ensayo a compresión para cilindros de concreto.* (3) USAC.

Anexo 10.

Resistencia a compresión con adición del 10 % de viruta



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

INFORME DE ENSAYO A COMPRESIÓN PARA CILINDROS DE CONCRETO
NORMA NTG - 41017 h1 (ASTM C-39)
 INFORME SACM - 027/2022
 HOJA 1/1

No. 18451

O.T. No. 41119

INTERESADO: Erick Gustavo López Raxcacó.

PROYECTO: Comparación de las propiedades mecánicas de un concreto con la incorporación de viruta de madera de pino como agregado para reducir.

DIRECCIÓN: 30 calle 6-67, zona 3, Ciudad de Guatemala.

RECEPCIÓN DE MUESTRA: 16 de marzo de 2022

EMISIÓN DE INFORME: 27 de abril de 2022

| No. CILINDRO OBRA | No. CILINDRO LABORATORIO | FECHA DE ELABORACIÓN | FECHA DE RUPTURA | EDAD en días | CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA ESTRUCTURA | PESO en kg | DIÁMETRO en mm | ALTURA en mm | CARGA en libras | RESISTENCIA Mpa | RESISTENCIA lb/in ² | TIPO DE FRACTURA |
|-------------------|--------------------------|----------------------|------------------|--------------|--|------------|----------------|--------------|-----------------|-----------------|--------------------------------|------------------|
| 1 | 06-03 | 25/03/2022 | 28/03/2022 | 3 | Control de calidad de diseño de concreto | 12.020 | 152.500 | 303.000 | 31,000 | 7.60 | 1,100 | 3 |
| 2 | 07-03 | 25/03/2022 | 28/03/2022 | 3 | | 12.200 | 152.250 | 308.000 | 30,500 | 7.40 | 1,070 | 3 |
| 3 | 03-04 | 25/03/2022 | 01/04/2022 | 7 | | 12.290 | 151.500 | 306.000 | 36,000 | 8.90 | 1,290 | 2 |
| 4 | 04-04 | 25/03/2022 | 01/04/2022 | 7 | | 12.310 | 152.000 | 306.000 | 37,000 | 9.10 | 1,320 | 2 |
| 5 | 11-04 | 25/03/2022 | 22/04/2022 | 28 | | 12.205 | 152.750 | 303.000 | 48,000 | 11.70 | 1,700 | 5 |
| 6 | 12-04 | 25/03/2022 | 22/04/2022 | 28 | | 12.190 | 151.250 | 303.000 | 48,500 | 12.00 | 1,740 | 5 |

OBSERVACIONES :

- Diseño de mezcla bajo condiciones de laboratorio.
- Muestras ensayadas en maquina de compresión RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 300,000 lbs.
- Dial utilizado para lectura de cargas: 300,000 lbs.
- Cilindros cabeceados según norma NTG-41067 (ASTM C-1231).
- Asentamiento de mezcla: 0,0 mm. (0")
- Peso unitario: 2 170,0 Kg/m³.
- Contenido de aire, medidor tipo B: 6,0 %.
- Temperatura: 22,0 °C.
- Proporción utilizada: 1 : 2,04 : 2,59 : 0,506
- Mezcla de concreto con: 10% de viruta de madera.

BOSQUEJO DE TIPOS DE FRACTURA



TIPO 1 TIPO 2 TIPO 3 TIPO 4 TIPO 5 TIPO 6

El presente informe representa únicamente los resultados identificados en el mismo.
Se prohíbe la reproducción parcial o total sin autorización.

ATENAMENTE,



Inga. Olima Yarely Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

Vo.Bo.



Inga. Telma Marcela Cano Morales
Directora CII/USAC



SECCIÓN DE AGREGADOS,
CONCRETOS Y MORTEROS
CII / USAC



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-
Edificio Emilio Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
DIRECCIÓN GENERAL C.A.
C.I.E.A.L.M.R.M.B.E.R.

Nota. Resistencia del concreto al 10 % de adición de viruta de madera. Obtenido de Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería (2022). *Informe de ensayo a compresión para cilindros de concreto.* (4) USAC.

Anexo 11.

Resistencia a flexión en vigas de concreto

 **CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA**
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

 **USAC**
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

INFORME DE ENSAYO A FLEXIÓN DE VIGAS DE CONCRETO
NORMA NTG 41017 h2 (ASTM C-78)
INFORME SACM - 028/2022
HOJA 1/1

No. 18452

O.T. No. 41119

INTERESADO: Erick Gustavo López Raxcacó, Carné: 201020455

PROYECTO: Trabajo de graduación "Comparación de las propiedades mecánicas de un concreto con la incorporación de viruta de madera de pino como agregado para reducir su densidad"

DIRECCIÓN: 30 calle 6-67 zona 3 Ciudad de Guatemala

RECEPCIÓN DE MUESTRA: 16 de marzo de 2022

EMISIÓN DE INFORME: 27 de abril de 2022

RESULTADOS:

| MUESTRA | FECHA DE COLOCACIÓN | FECHA DE RUPTURA | EDAD (días) | ANCHO (mm) | ALTO (mm) | LARGO (mm) | LUZ ENTRE APOYOS (mm) | CARGA RUPTURA (N) | ESFUERZO A FLEXIÓN (Mpa) | ESFUERZO A FLEXIÓN (PSI) |
|---------------|---------------------|------------------|-------------|------------|-----------|------------|-----------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|
| Mezcla Patrón | 25/3/2022 | 22/4/2022 | 28 | 156.00 | 157.00 | 533.00 | 456.00 | 28,469 | 3.40 | 495.00 |
| Mezcla 10 % | 25/3/2022 | 22/4/2022 | 28 | 156.00 | 152.00 | 531.00 | 456.00 | 24,020 | 3.05 | 445.00 |
| Mezcla 5 % | 28/3/2022 | 25/4/2022 | 28 | 155.00 | 152.00 | 535.00 | 456.00 | 25,800 | 3.30 | 480.00 |
| Mezcla 3 % | 28/3/2022 | 25/4/2022 | 28 | 156.00 | 153.00 | 534.00 | 456.00 | 26,245 | 3.30 | 480.00 |

OBSERVACIONES:

- Muestras elaboradas y moldeadas en laboratorio.
- Muestras ensayadas en maquina RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 300 000 lbs.
- Dial utilizado para lectura de cargas: 60 000 lbs.
- La fractura de las vigas se inicia en la superficie de tensión dentro del tercio medio de la luz o longitud de separación entre apoyos.
- Las propiedades de las mezclas de las cuales se obtuvieron las muestras se encuentran en el informe:
Mezcla Patrón SACM 024/2022
Mezcla 3 % SACM 025/2022
Mezcla 5 % SACM 026/2022
Mezcla 10% SACM 027/2022

El presente informe representa únicamente los resultados identificados en el mismo.
Se prohíbe la reproducción parcial o total sin autorización.

ATTENTAMENTE,


Inga. Dilma Yoner Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

Vo.Bo.


Inga. Teima Maricela Cano Morales
Directora CIU/USAC





FACULTAD DE INGENIERÍA -USAC-
Edificio Emilio Balltrana, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-9000 Exts. 86253 y 86252
Página web: <http://ciu.usac.edu.gt>

Nota. Resumen de la resistencia de concreto a flexión. Obtenido de Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería (2022). Informe de ensayo a flexión de vigas de concreto. (1) USAC.

Anexo 12.

Resistencia a tracción de cilindros de concreto



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME DE DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA DE ESPÉCIMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO

No. 18453

O.T. No. 41119

NORMA NTG 41017-h15 (ASTM C496-04)
INFORME SACM - 029/2022
HOJA 1/1

INTERESADO: Erick Gustavo López Raxcacó, Carné: 201020455

PROYECTO: Trabajo de graduación "Comparación de las propiedades mecánicas de un concreto con la incorporación de viruta de madera de pino como agregado para reducir su densidad"

DIRECCIÓN: 30 calle 6-67 zona 3 Ciudad de Guatemala

RECEPCIÓN DE MUESTRA: 16 de marzo de 2022

EMISIÓN DE INFORME: 27 de abril de 2022

| No. CILINDRO OBRA | No. CILINDRO LABORATORIO | FECHA DE COLOCACIÓN | FECHA DE RUPTURA | EDAD en días | CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA ESTRUCTURA | PESO en kg | DIÁMETRO en mm | ALTURA en mm | CARGA en libras | RESISTENCIA Mpa | RESISTENCIA f_{ci} |
|-------------------|--------------------------|---------------------|------------------|--------------|--|------------|----------------|--------------|-----------------|-----------------|----------------------|
| 1 | 13-04 | 25/03/2022 | 22/04/2022 | 28 | Mezcla Patrón | 13.060 | 152.25 | 306.75 | 29,000 | 1.75 | 255 |
| 2 | 14-04 | 25/03/2022 | 22/04/2022 | 28 | Mezcla Patrón | 12.985 | 152.25 | 305.50 | 22,000 | 1.35 | 195 |
| 3 | 15-04 | 25/03/2022 | 22/04/2022 | 28 | Mezcla 10% | 12.145 | 153.00 | 305.75 | 27,000 | 1.65 | 240 |
| 4 | 16-04 | 25/03/2022 | 22/04/2022 | 28 | Mezcla 10% | 12.135 | 152.25 | 304.00 | 27,000 | 1.65 | 240 |
| 5 | 23-04 | 28/03/2022 | 25/04/2022 | 28 | Mezcla 5% | 12.640 | 151.50 | 305.25 | 37,000 | 2.25 | 325 |
| 6 | 24-04 | 28/03/2022 | 25/04/2022 | 28 | Mezcla 5% | 12.700 | 151.75 | 304.50 | 34,000 | 2.10 | 305 |
| 7 | 19-04 | 28/03/2022 | 25/04/2022 | 28 | Mezcla 3% | 12.610 | 152.50 | 303.00 | 34,000 | 2.10 | 305 |
| 8 | 20-04 | 28/03/2022 | 24/08/2021 | 28 | Mezcla 3% | 12.725 | 152.25 | 305.00 | 33,000 | 2.00 | 290 |

OBSERVACIONES :

a. Muestras ensayadas en maquina de compresión TONINDUSTRIE con capacidad de 300,000 lbs, dial utilizado para lectura de cargas: 300,000 lbs.

b. Los resultados de ensayos de diseño de mezcla se encuentran en:
 Mezcla Patrón SACM 024/2022
 Mezcla 3% SACM 025/2022
 Mezcla 5% SACM 026/2022
 Mezcla 10% SACM 027/2022

ATENTAMENTE,

Inga. Diana Faber Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

El presente informe representa únicamente los resultados identificados en el mismo.
Se prohíbe la reproducción parcial o total sin autorización.

Vo.Bo.

Inga. Telma Marcela Cano Morales
Directora CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERÍA -USAC-
Edificio Emilio Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>



Nota. Resumen de la resistencia de concreto a tracción indirecta. Obtenido de Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería (2022). *Informe de determinación de la resistencia a tracción indirecta del concreto.* (1) USAC.