

	GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS		Código	FO-GS-15
			VERSIÓN	02
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN		FECHA	03/04/2017
			PÁGINA	1 de 1
ELABORÓ		REVISÓ		APROBÓ
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad		Líder de Calidad

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): ROBERT APELLIDOS: BALLESTEROS MARTÍNEZ

NOMBRE(S): WILMER JESÚS APELLIDOS: GÓMEZ CORONADO

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR:

NOMBRE(S): FERNANDO APELLIDOS: JAIMES TARAZONA

CO-DIRECTOR:

NOMBRE(S): _____ APELLIDOS: _____

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO RECICLADO COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN CONCRETO ESTRUCTURAL

RESUMEN

Este proyecto se basó en la evaluación de la resistencia a la compresión de mezclas de concreto reciclado como sustituto del agregado fino en concreto estructural. Para ello, se implementó una investigación experimental y la información se obtuvo mediante la observación y la comparación de los ensayos de laboratorio. La población y muestra correspondió a las diferentes mezclas de concreto, las cuales varían en su dosificación. Se lograron realiza las mezclas del concreto con diferentes dosificaciones. Posteriormente, se compararon los cambios del concreto convencional en los ensayos de compresión. Finalmente, se realizó el estudio de la relación de costos de un concreto convencional y un concreto con sustituto de agregado fino.

PALABRAS CLAVE: Resistencia, NSR-10 concreto reciclado, agregado fino, costos.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 86 PLANOS: ILUSTRACIONES: CD ROOM: 1

Copia No Controlada

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MEZCLAS DE
CONCRETO RECICLADO COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN CONCRETO
ESTRUCTURAL

ROBERT BALLESTEROS MARTÍNEZ
WILMER JESÚS GÓMEZ CORONADO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER.
FACULTAD DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL.
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2022

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MEZCLAS DE
CONCRETO RECICLADO COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN CONCRETO
ESTRUCTURAL

ROBERT BALLESTEROS MARTÍNEZ

WILMER JESÚS GÓMEZ CORONADO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniero Civil

Director:

FERNANDO JAIMES TARAZONA

Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER.

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2022

ACTA DE SUSTENTACION DE TRABAJO DE GRADO

FECHA: 28 DE ABRIL DE 2022 **HORA:** 10:00 a. m.

LUGAR: FU-307 - UFPS

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA CIVIL


TITULO DE LA TESIS: "EVALUACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MEZCLAS DE CONCRETO RECICLADO COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN CONCRETO ESTRUCTURAL".


JURADOS: ING. JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ
ING. MARIA ALEJANDRA BERMONT BENCARDINO

DIRECTOR: ING. FERNANDO JAIMES TARAZONA

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:	CODIGO	CALIFICACION	
		NUMERO	LETRA
ROBERT BALLESTEROS MARTINEZ	1113444	4,5	CUATRO, CINCO
WILMER JESUS GOMEZ CORONADO	1111625	4,5	CUATRO, CINCO

MERITORIA


ING. JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ


ING. MARIA ALEJANDRA BERMONT ENCARDINO

Vo. Bo. 
JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ
Coordinador Comité Curricular

Betty M.

Agradecimientos

De antemano se agradece al ingeniero Fernando Jaimes Tarazona, director de nuestro proyecto de grado por su acompañamiento y diligente asesoramiento.

Se agradece por su atento acompañamiento al director del laboratorio de suelos, Oscar Dallos y a su asistente Isidoro Rangel.

Contenido

	pág.
Introducción	14
1. Problema	16
1.1 Título	16
1.2 Planteamiento del Problema	16
1.3 Formulación del Problema	17
1.4 Justificación	18
1.5 Objetivos	20
1.5.1 Objetivo general	20
1.5.2 Objetivo específicos	20
1.6 Alcance, Limitaciones y Delimitaciones	20
1.6.1 Alcances	20
1.6.1.1 Alcance proyectual	20
1.6.1.2 Alcance de resultados	21
1.6.2 Limitaciones	21
1.6.3 Delimitaciones	21
1.6.3.1 Delimitación espacial	21
1.6.3.2 Delimitación temporal	22
1.6.3.3 Delimitación conceptual	22
2. Marco Referencial	23
2.1 Antecedentes	23
2.1.1 Antecedentes internacionales	23
2.1.2 Antecedentes nacionales	24

2.2 Marco Conceptual	25
2.2.1 Agregado fino	25
2.2.2 Concreto estructural	25
2.2.3 Concreto premezclado	25
2.2.4 Concreto reciclado	25
2.2.5 Curado de concreto	25
2.2.6 Diseño de mezclas	25
2.2.7 Presupuestos	26
2.2.8 Resistencia a la compresión	26
2.3 Marco Contextual	26
2.3.1 Marco geográfico	26
2.3.2 Marco económico (sector de la industria del concreto)	27
2.4 Bases Teóricas	28
2.5 Marco Legal	29
3. Marco Metodológico	30
3.1 Nivel de Investigación	30
3.2 Diseño de Investigación	30
3.3 Población y Muestra	30
3.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	31
3.5 Técnicas de Procesamiento de Datos	32
3.6 Etapas del Proyecto o Actividades a Desarrollar	32
4. Informe Técnico	33
5. Conclusiones	55
6. Recomendaciones	56

Referencias Bibliográficas

57

Anexos

60

Lista de Figuras

	pág.
Figura 1. Etapas del proyecto o actividades a desarrollar	32
Figura 2. Material de demolición	33
Figura 3. Proceso de trituración del material reciclado	34
Figura 4. Ensayo peso unitario del material reciclado	35
Figura 5. Ensayo gravedad específica material reciclado	35
Figura 6. Ensayos, densidad de absorción y Equivalente de arena norma E-133 13	36
Figura 7. Granulometría de agregado grueso norma E - 123	37
Figura 8. Laboratorio máquina de los ángeles norma E - 218	38
Figura 9. Dosificación de materiales dicha dosificación es realizada por peso	39
Figura 10. Limpieza y organización de los moldes metálicos a utilizar para la realización de los cilindros de concreto	39
Figura 11. Dosificación lista para llevarla a la mezcladora	40
Figura 12. Primeros 5 cilindros de concreto convencional	40
Figura 13. Cilindros concreto convencional y cilindros de concreto con material reciclado	41
Figura 14. Finalización del vaciado de los cilindros a ensayar, con las diferentes mezclas de agregado fino de la planta trans materiales y concreto triturado	41
Figura 15. Desencofrado y rotulado de los cilindros de concreto	42
Figura 16. Inmersión de los cilindros de concreto para su respectivo curado	42
Figura 17. Cilindro No. 4 antes de ser ensayado a compresión	43
Figura 18. Carga de rotura del cilindro No.4	43
Figura 19. (Falla tipo 6) cilindro No. 4	44

Figura 20. Numero 8 antes de ser ensayado a compresión	44
Figura 21. Carga de falla del cilindro número 8	45
Figura 22. (Falla Tipo 1) cilindro número 8	45
Figura 23. Cilindro número 14 antes de ser ensayado a compresión	46
Figura 24. Carga de falla cilindro número 14	46
Figura 25. (Falla tipo 2) cilindro número 14	47
Figura 26. Cilindro número 18 antes de ser ensayado a compresión	47
Figura 27. Carga de falla, cilindro número 18	48
Figura 28. (Falla tipo 2) cilindro número 18	48
Figura 29. Cilindro número 5 antes de ser ensayado a compresión	49
Figura 30. Carga de falla cilindro número 5	49
Figura 31. (Falla tipo 5) cilindro número 5	50
Figura 32. Cilindro número 6 antes de ser ensayado a compresión	50
Figura 33. Carga de falla, cilindro número 6	51
Figura 34. (Falla tipo 1) cilindro número 6	51
Figura 35. Cilindro número 11 antes de ser ensayado a compresión	52
Figura 36. Carga de falla, cilindro número 11	52
Figura 37. (Falla tipo 5) cilindro número 11	53
Figura 38. Cilindro número 16 antes de ser ensayado	53
Figura 39. Cilindro número 16	54

Lista de Anexos

	pág.
Anexo 1. Humedad natural del agregado grueso	61
Anexo 2. Granulometría del agregado grueso	62
Anexo 3. Peso específico y absorción de concreto triturado	63
Anexo 4. Masa unitaria del agregado fino arena de trituración	64
Anexo 5. Humedad natural arena de trituración	65
Anexo 6. Granulometría concreto reciclado	66
Anexo 7. Equivalente de arena, material de trans materiales	67
Anexo 8. Humedad natural de la arena de trans materiales	68
Anexo 9. Peso específico y absorción del agregado grueso	69
Anexo 10. Diseño de mezclas de concreto estándar	70
Anexo 11. Equivalente de arena 20% reciclado	72
Anexo 12. Masa unitaria agregado fino 20% material reciclado	73
Anexo 13. Diseño de mezclas concreto con el 20% de concreto triturado	74
Anexo 14. Granulometría 40% de material reciclado	75
Anexo 15. Masa unitaria agregado fino 40% material reciclado	76
Anexo 16. Equivalente de arena 40% reciclado	77
Anexo 17. Diseño de mezclas concreto 40% de material reciclado	78
Anexo 18. Granulometría agregad fino 60% reciclado	80
Anexo 19. Masa unitaria agregado fino 60% material reciclado	81
Anexo 20. Equivalente de arena 60% reciclado	82
Anexo 21. Diseño de mezclas concreto 60% de material reciclado	83
Anexo 22. Cuadros de resistencias y pesos específicos del concreto	85

Resumen

Este proyecto se basó en la evaluación de la resistencia a la compresión de mezclas de concreto reciclado como sustituto del agregado fino en concreto estructural. Para ello, se implementó una investigación experimental, ya que se hicieron diferentes ensayos comparando un concreto convencional con un concreto de diferentes dosificaciones de concreto reciclado. La información se obtuvo mediante la observación y la comparación de los ensayos de laboratorio, tamizaje y dosificaciones. La población y muestra correspondió a las diferentes mezclas de concreto, las cuales varían en su dosificación. Se logró evaluar variación de la resistencia a la compresión del concreto al sustituir la arena por agregado obtenido mediante la trituración total de concreto reciclado, con diferentes días de curado. Seguidamente, se realizaron mezclas del concreto estructural para columnas con diferentes dosificaciones las cuales se evaluaron mediante ensayos de resistencia y compresión. Posteriormente, se compararon los cambios del concreto convencional en los ensayos de compresión al sustituir su agregado fino por concreto reciclado triturado. Finalmente, se realizó el estudio de la relación de costos de un concreto convencional y un concreto con sustituto de agregado fino.

Introducción

El presente proyecto, se realiza en base a la búsqueda de alternativas ambientales con el fin reducir el uso excesivo de materiales de cantera o de río en la preparación de concreto, a través de la modificación de las dosificaciones de agregados fino en la preparación de mezclas mediante material reciclado de concreto de alta resistencia derivado de demoliciones de obras, obteniendo resultados positivos tanto en sus resultados físicos-mecánicos, como en la afectación al medio ambiente; así como lo mencionan Evangelista & De Brito (2007), en su artículo denominado “Comportamiento mecánico del concreto hecho con agregados finos de concreto reciclado” así:

Los residuos de demolición de concreto han demostrado ser buena fuente de agregados para la producción de nuevos hormigones. Existen muchos estudios que prueban que el concreto hecho con este tipo de agregados gruesos puede tener propiedades mecánicas similares a las de los hormigones convencionales e incluso el concreto de alta resistencia es hoy en día un objetivo posible para esta práctica ambientalmente sana (Evangelista & De Brito, 2007).

La importancia de la aplicación de este proyecto radica en el uso de material reciclado de concreto de alta resistencia, haciendo más factible la obtención de resultados en cuanto a propiedades físico-mecánicas similares o de mejores características a los obtenidos en los concretos convencionales, así como lo manifiestan (Ajdukiewicz & Kliszczewicz, 2002):

Recientemente, los agregados derivados de estructuras de hormigón demolido tenían una resistencia relativamente baja y las aplicaciones tenían una importancia secundaria. Desde hace poco, ha surgido la necesidad de demolición de estructuras con concreto fuerte, como marcos de edificios o vigas de puentes, que han creado la fuente de agregados reciclados de una generación bastante nueva. Además de los objetivos ambientales evidentes, el reciclaje

de hormigón ha ganado nuevos aspectos económicos. (p.12)

“Sin embargo, la fracción fina de estos agregados reciclados no ha sido objeto de estudios exhaustivos similares ya que se cree que su mayor absorción de agua puede poner en peligro los resultados finales” (Evangelista & De Brito, 2007, p.3).

Siendo esto así, el objetivo final de este proyecto es la evaluación y conclusión mediante comparaciones objetivas basadas en resultados de ensayos, buscando demostrar la viabilidad de la preparación de este tipo de concretos generando un impacto en la construcción y una posible solución la reducción de explotación de materiales de cantera y de río; teniendo en cuenta la expansión en la industria de la construcción en San José de Cúcuta, haciendo viable la obtención tanto de los residuos como la producción de este tipo de concreto.

1. Problema

1.1 Título

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO RECICLADO COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN CONCRETO ESTRUCTURAL.

1.2 Planteamiento del Problema

El sector de la construcción a nivel mundial actualmente se encuentra asociada con el impacto positivo del crecimiento y desarrollo de grandes ciudades, asimismo ha demostrado resultados positivos en cuanto al mejoramiento de la calidad de vida de las personas relacionadas a diversos proyectos de viviendas y demás infraestructuras. En Colombia, según indicadores presentados por el DANE, se han evidenciado la productividad relacionada a proyectos de edificaciones, en donde en el primer trimestre del año 2021 se registró un aumento del 1,6% de los procesos constructivos mientras los procesos paralizados disminuyeron en -5,5% (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2021).

En cuanto la producción de concreto premezclado en Colombia, según reportes del DANE (2021), en marzo del año 2021 se registró un crecimiento de 40,5% comparado con los resultados de marzo del año 2020, demostrando de esta manera los avances en los procesos constructivos y la calidad de las mezclas.

.En norte de Santander y en especial en Cúcuta son múltiples las grandes empresas dedicadas a extracción y explotación de agregados pétreos para la preparación de concretos en masa como los premezclados, asimismo dichas explotaciones afectan al medio ambiente como lo manifiesta

Corporación, enfatizando que entre las mayores problemáticas ambientales de Norte de Santander se encuentra la explotación desmedida del suelo, donde para el año 2011 se encontraban aproximadamente 340 contratos de explotación en minas de carbón y 285 contratos en demás tipos de explotación (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental, 2010).

En este orden de ideas y considerando los aspectos del medio humano-ambiental y sus interacciones con los proyectos constructivos, se puede enmarcar esta relación desde la perspectiva de la generación de residuos de construcción, en donde se establece las consecuencias no solo ambientales de dichos residuos, sino también el aumento de costos y el crecimiento descontrolado de escombreras informales (Domingo, 2007).

Por tales motivos, la búsqueda de soluciones sostenibles en los procesos constructivos se hace necesarios para la consolidación de una nueva construcción, iniciando desde los procesos constructivos de mezclas hasta la finalización de obras que generen escombros, aplicando los nuevos conceptos de sostenibilidad desde el tratamiento y minimización de impactos en el suelo, buscando el ahorro y reutilización de materiales que puedan generar resultados similares o positivos a los obtenidos en los métodos de construcción convencional, en este caso la diversidad de mezclas y sus variantes propiedades ocasionadas por los cambios de agregados.

1.3 Formulación del Problema

¿Cómo se modifica la resistencia a la compresión del concreto estructural en columnas después de la sustitución de su agregado fino (arena) por concreto reciclado triturado?

¿En qué medida cambia el costo de producción de un concreto convencional al ser comparado con un concreto que sustituye la arena por concreto reciclado triturado?

1.4 Justificación

Los procesos constructivos en Norte de Santander actualmente se encuentran en auge por la demanda de grandes proyectos de infraestructura y de vivienda por parte del gobierno y la facilidad de accesibilidad a dichos proyectos. Esto es evidente como se manifiesta en proyecciones urbanas, en donde se estima que para el año 2050 la población mundial podría duplicarse y con esto las tendencias económicas, sociales y culturales que traen repercusiones directas sobre las ciudades planteando la necesidad de sostenibilidad en materia de vivienda e infraestructura (Organización de las Naciones Unidas & Habitat III, 2016).

Uno de los mayores desafíos desde el ámbito ambiental y por las cuales dan frente la entidades gubernamentales, es por extracción desmedida del suelo y los ríos, tanto así que en Norte de Santander la entidad encargado de esto, CORPONOR, en diversas ocasiones se ha visto en la necesidad de suspender actividades de extracción, como ejemplo de esto podemos mencionar la suspensión temporal en octubre del año 2015 de la extracción de material de arrastre del Río Pamplonita y el uso de maquinaria sobre este, sin embargo estas restricciones no son acatadas en su totalidad (Diario La Opinión, 2015); esto mismo ocurrió nuevamente en Febrero del año 2016 cuando la Corporación decidió suspender las actividades de explotación de material de arrastre, no solo en el Río Pamplonita sino también en el río Algodonal, todo esto con el fin de buscar la disminución de la afectación de los cauces en temporada en sequía (CORPONOR, 2016).

En tal sentido, esta investigación se realiza desde el ámbito de la explotación desmedida de materiales de construcción, en este caso de agregados finos como la arena de forma descontrolada de ríos y canteras a cielo abierto que afecta tanto el medio ambiente como un desarrollo

desestructurado de explotación de recursos, tanto así que afectan cauces de ríos y por ende la sobre explotación de este recurso en un momento dado llegara a su fin ya que es una materia prima no renovable, esto también para analizar su variación en costos y que sea una investigación viable tanto monetaria como ambientalmente, teniendo como antecedentes la investigación de otros países pioneros en sustitución de materiales e investigaciones a nivel nacional que se basaron en reciclaje de concreto y su posterior trituración y molienda para llegar a tener dicho material fino.

En Colombia la sobrepoblación demanda mayores obras de infraestructura y al mismo tiempo ,la demolición de ciertas obras que ya cumplieron con su vida útil pueden ser aprovechadas al sacar el material a reciclar que en dicho caso sería el concreto, siendo así una fuente de fácil obtención y tratamiento, esta investigación se llevara a cabo con muestras de concreto tanto reciclado como de mezcla convencional, para así poder observar el comportamiento de sus propiedades físico-mecánicas y analizar si para tal caso sirve como sustituto de dicho agregado sin afectar el concreto estructural.

Es por esto, que la presente investigación tiene como enfoque principal evaluar en qué medida cambian la resistencia a la propiedad de compresión del concreto estructural, específicamente los dirigidos a columnas, estos serán estudiados con diferentes tiempos de curado(7,14 y 28 días) y diferentes dosificaciones (20%, 40% y 60%); sustituyendo gradualmente la arena por concreto molido hasta hallar una relación ideal para la cantidad añadida y las propiedades principales, con el fin de mejorar y/o disminuir costos de producción de concreto sin afectar en gran medida las propiedades mecánicas a las cuales trabaja el concreto estructural en sistema aporticado, dando así soluciones viables que reduzcan su costo y al mismo tiempo se disminuya la explotación de recursos que en esta época son tan utilizados pero no renovables;

definiendo el grado de efectividad que pueda alcanzar la propuesta.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general. Evaluar como varia la resistencia a la compresión del concreto al sustituir la arena por agregado obtenido mediante la trituración total de concreto reciclado, con diferentes días de curado.

1.5.2 Objetivo específicos. Los objetivos específicos se muestran a continuación:

Realizar las mezclas del concreto estructural para columnas con diferentes dosificaciones de concreto reciclado triturado con sus respectivos testigos de concreto convencional.

Evaluar mediante ensayos a la resistencia a la compresión las mezclas de concreto preparadas sustituyendo su agregado fino según sus diferentes dosificaciones.

Comparar los cambios del concreto convencional en los ensayos de compresión al sustituir su agregado fino por concreto reciclado triturado, teniendo en cuenta los días de curados (7,14 y 28 días).

Evaluar la relación de costos de un concreto convencional y un concreto con sustituto de agregado fino.

1.6 Alcance, Limitaciones y Delimitaciones

1.6.1 Alcances. El alcance y las limitaciones se evidencian de la siguiente manera:

1.6.1.1 Alcance proyectual. El presente proyecto de investigación tiene como alcance el diseño y el estudio de los cambios en la propiedad a la resistencia de compresión del sistema

estructural de columnas mediante el cambio de su agregado fino (arena) por concreto reciclado triturado fino; para una capacidad del concreto de 3000 PSI.

Todo esto se realiza con el objetivo final de ejecutar una propuesta factible para reducir la explotación desmedida de recursos naturales en el territorio colombiano mediante el reciclaje de materiales que se encuentran sin uso.

1.6.1.2 Alcance de resultados. Este proyecto de investigación se plantea desde la propiedad de la resistencia a la compresión por los cuales sus productos finales serán:

- Resultados de ensayos de compresión de muestras de concreto convencional de 3000 PSI, con sus respectivas evidencias.
- Graficas comparativas entre resultados de muestras de concreto convencional frente a los resultados de muestras realizadas con concreto reciclado.
- Presentación de un presupuesto con su respectivo análisis unitario de realización de un concreto convencional y un presupuesto sobre la muestra de mejores resultados de concreto reciclado.

1.6.2 Limitaciones. Dentro de la investigación se pueden presentar dificultades en cuanto a la colaboración de empresas de la ciudad a realizar el proyecto, principalmente a causa de la situación actual por la pandemia.

1.6.3 Delimitaciones. A continuación, las delimitaciones espacial, temporal y conceptual:

1.6.3.1 Delimitación espacial. El proyecto de investigación con sus respectivas muestras y ensayos se llevaran a cabo en San José de Cúcuta, teniendo en cuenta la importancia del proyecto

para las empresas de extracción de agregados y empresas dedicadas a la producción de concreto de la ciudad.

1.6.3.2 Delimitación temporal. Este proyecto será desarrollado y ejecutado en un transcurso de 1,5 meses, a partir de la aprobación del Comité curricular del programa de Ingeniería Civil de la Universidad Francisco de Paula Santander.

1.6.3.3 Delimitación conceptual. El presente proyecto se enmarca bajo los conceptos de: agregado fino, concreto estructural, concreto premezclado, concreto reciclado, curado de concreto, diseño de mezclas, presupuestos y resistencia a la compresión.

2. Marco Referencial

2.1 Antecedentes

2.1.1 Antecedentes internacionales. Comportamiento mecánico del concreto hecho con agregados finos de concreto reciclado:

Instituto Superior de Ingeniería y en el Instituto superior técnico, Lisboa: Trabajo que se refiere al uso de agregados finos de concreto reciclado para reemplazar parcial o globalmente agregados finos naturales (arena) en la producción de concreto estructural. Se informan los resultados de las siguientes pruebas: resistencia a la compresión, resistencia a la tracción dividida, módulo de elasticidad y resistencia a la abrasión. A partir de estos resultados, es razonable suponer que el uso de agregados de concreto reciclado finos no pone en peligro las propiedades mecánicas del concreto, para proporciones de reemplazo de hasta 30% (Evangelista & De Brito, 2007).

Comportamiento de columnas esbeltas tubulares de acero cuadrado lleno de concreto fresco y grumos de concreto demolido: Artículo publicado en la revista ScienceDirect realizado en China. Evaluar las propiedades mecánicas en columnas de acero cuadradas rectangulares rellenas de concreto fresco (CFT) añadiéndole grumos de concreto demolido (DCLs) de gran tamaño en el núcleo este. Los DCLs se obtuvieron mediante la trituración de los elementos de hormigón residual obtenidos de un sitio de demolición en la ciudad de Guangzhou sus tamaños estaba en el rango de 60 mm a 90 mm (Bo Wua, Wei-Feng Lia & Xin-Yu Zhaoa, 2017).

Fuerza y durabilidad del concreto que contiene agregados de hormigón triturado: Artículo publicado en la revista ScienceDirect realizado por Job Thomas, Nassif Nazeer Thaickavil y P.

M. Wilson. A continuación se presenta el resumen del artículo:

Estudios para evaluar el potencial de reemplazar agregados naturales de piedra triturada en concreto con agregados de concreto triturado. Los modelos matemáticos se desarrollaron utilizando análisis de regresión para tener en cuenta el efecto del reemplazo agregado en los parámetros de resistencia del concreto. Los resultados de la prueba mostraron que hasta 25% de los agregados naturales de piedra triturada en concreto pueden reemplazarse con concreto reciclado sin afectar significativamente la resistencia del concreto y que la reposición parcial de estos puede recomendarse en áreas con condiciones de exposición moderada (Thomas, Nazeer & Wilson, 2018).

2.1.2 Antecedentes nacionales. El concreto con agregados reciclados como proyecto de sostenibilidad urbana: Ingeniero Carlos Bedoya de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín y el arquitecto Luis Dzul de la Universidad Internacional Iberoamericana en Campeche-México: Elaboración de un concreto usando agregados reciclados obtenidos de la valorización de escombros de concreto y mampostería. Se muestran aspectos como resistencia al esfuerzo de la compresión a 3, 7, 14, 28, 56 y 91 días; porosidad, velocidad de pulso ultrasónico y carbonatación; costo económico en comparación con un concreto convencional; y una reseña de las políticas públicas de Construcción Sostenible y aprovechamiento de escombros formuladas en Medellín, Colombia. Los resultados obtenidos con sustituciones de agregados naturales por agregados reciclados gruesos y finos en porcentajes del 25 %, 50 % y 100 %, permiten deducir la posibilidad de confeccionar concretos estructurales y no estructurales para uso masivo en la construcción (Bedoya & Dzul, 2015).

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Agregado fino. El agregado es aquel que se obtiene por desintegración natural o artificial de rocas, los cuales constituyen parte de los concretos junto a los agregados gruesos, los agregados finos o más exactamente la arena, se clasifica por su granulometría y por su sitio de extracción (Santiago, 2009).

2.2.2 Concreto estructural. Es la mezcla de cemento, agua, arena y triturado que junto a sus refuerzos longitudinales transversales se usan para soportar las cargas de la edificación, para esta investigación nos enfocamos en vigas y columnas.

2.2.3 Concreto premezclado. Es aquel concreto que se realiza en una planta de producción, bajo el estricto proceso de control de las materias primas utilizadas como los agregados finos y gruesos, el agua, el cemento y los aditivos deseados; todo esto realizado bajo unas dosificaciones estándar además de formulación de diseños de mezclas de cada empresa por sus profesionales.

2.2.4 Concreto reciclado. Aquel concreto sobrante de las demoliciones de construcciones que ya han pasado su vida útil.

2.2.5 Curado de concreto. Es el proceso en el cual el concreto con el paso del tiempo se endurece, esto a causa de la presencia suficiente de agua y calor en el cemento; este proceso es de vital importancia para que el concreto alcance su máxima resistencia a la compresión y a la flexión, cumpliendo así con su vida útil y el diseño deseado (Sika Informaciones Técnicas, s,f).

2.2.6 Diseño de mezclas. Proceso de selección de los ingredientes más adecuados y de la combinación más conveniente, con la finalidad de obtener un producto que en el estado no endurecido tenga la trabajabilidad y consistencia adecuados y que endurecido cumpla con los

requisitos establecidos por el diseñador, indicado en los planos y/o las especificaciones de la obra.

2.2.7 Presupuestos. Este documento debe provenir de un estudio serio que refleje las ventajas nuestras con respecto a la competencia, basado en conocimientos reales de precios del mercado de materiales, equipos y personal, impuestos, retenciones, gastos administrativos y método constructivo utilizado.

2.2.8 Resistencia a la compresión. La resistencia a la compresión del concreto en una propiedad mecánica que evalúa la capacidad de soportar una carga, determinando su resistencia a la deformación cuando dicho concreto es comprimido (Cemex, 2019).

2.3 Marco Contextual

2.3.1 Marco geográfico. San José de Cúcuta es una ciudad Colombiana capital del Departamento Norte de Santander, la cual se encuentra ubicada al Nor-orienté del país, limitando de manera fronteriza con el País Venezolano.

Según la Cámara de Comercio de la Ciudad Cúcuta (2021), la capital Norte Santandereana posee una superficie de 1.176 km², esto representando el 5,65% del total del departamento, asimismo se especifica que está conformada por un total de 10 comunas y 10 corregimientos.

Su posición geográfica le fue útil por muchos años, al contar con un paso fronterizo privilegiado donde transcurría entre los dos países una favorecedora relación internacional, en donde se beneficiaba el comercio y las personas que trabajan en el vecino país, estando así en un auge económico, pero debido a los problemas políticos ocurridos en los últimos años, la ciudad se ha visto afectada por el desempleo y altas tasas de migraciones, aumentando problemáticas

sociales y económicas.

2.3.2 Marco económico (sector de la industria del concreto). En Colombia, según indicadores del DANE, se han evidenciado la productividad de proyectos de construcción, en donde en el primer trimestre del año 2021 se registró un aumento del 1,6% de los procesos constructivos (DANE, 2021).

Respecto a la producción de concreto premezclado en el país, en reportes de marzo de 2021 (DANE, 2021), se presentó un crecimiento de 40,5% comparado con los resultados del año anterior, demostrando de esta manera los avances en los procesos constructivos y la calidad de las mezclas.

En norte de Santander son múltiples las grandes empresas dedicadas a extracción y explotación de agregados para la preparación de concretos en masa como los premezclados, en donde como lo manifiesta Corponor que para el año 2011 se encontraban aproximadamente 340 contratos de explotación en minas de carbón y 285 contratos en demás tipos de explotación (CORPONOR, 2010).

Respecto al sector de la construcción en la ciudad este requiere de un mejor entorno para consolidar la recuperación, lo cual implica no solo un contexto económico de mayor crecimiento y de generación de empleo que permita impulsar la inversión en edificaciones y vivienda, sino de un mayor ambiente para el lanzamiento, comercialización y ejecución de proyectos y nuevas formas de crear materiales para este campo (Diario La Opinión, 2018).

De acuerdo con el reporte del DANE, la construcción en la ciudad continúa en terreno negativo ya que la construcción de obras civiles registró una variación anual de -6,4 %, y de -8,2

% en los primeros tres meses del año 2018 respecto al últimos meses del 2017. En el segmento de construcción de edificaciones, los resultados fueron de -9,2 % en términos anuales, y de -7,2 % respecto al trimestre anterior.

Finalmente, se manifiesta que la ciudad cuenta con diversas trituradoras de rocas que pueden hacer parte del proyecto encargándose de la trituración del material reciclado, el reto es encontrar los proveedores o empresas que se encarguen de recolectar el concreto reciclado.

2.4 Bases Teóricas

Se tiene con bases teóricas, aquellas especificaciones acerca de agregados para concretos que se establece en la ACI entre las que tenemos las siguientes:

- ASTM C33-03: Esta especificación define los requisitos para granulometría y calidad de los agregados finos y gruesos para utilizar en concreto.
- ASTM C330: Esta especificación cubre agregados livianos diseñados para su uso en concreto estructurales en los cuales las consideraciones principales reducen la densidad al tiempo que mantienen la resistencia a la compresión del concreto.

Además se establecen los ensayos necesarios para la propiedad a la resistencia e la compresión.

- ASTM C39/C39M – 18: Este método de ensayo es usado para determinar la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos preparados y curados.
- Ensayo de máquina de prueba universal
- ACI 201 para la durabilidad del concreto.

2.5 Marco Legal

El anterior estudio se basa en las siguientes normas:

- NTC 550: elaboración y curado de especímenes de concreto en obra.
- NTC 673: Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto.
- ASTM C39/C39M – 18: Para determinar la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos preparados y curados.

3. Marco Metodológico

3.1 Nivel de Investigación

En este proyecto se maneja un nivel de investigación experimental ya que se harán diferentes ensayos comparando un concreto convencional con un concreto de diferentes dosificaciones de concreto reciclado como sustituto de agregado fino a diferentes días de curado, evaluando la propiedad a la compresión tomando como bases investigaciones que se hayan realizado en el país.

3.2 Diseño de Investigación

Este proyecto de investigación maneja un diseño experimental ya que el concreto convencional es sometido a diferentes dosificaciones en el cambio de su agregado fino por concreto reciclado triturado para con esto observar los cambios en las variables que se miden, en este caso compresión de este material.

3.3 Población y Muestra

La población determinada para esta investigación son diferentes mezclas de concreto, las cuales varían en su dosificación respecto a su agregado fino el cual es sustituido por concreto reciclado triturado.

Las muestras se efectuarán con un total de 27 ensayos, dependiendo de la propiedad que se esté analizando, de la siguiente manera:

Ensayos de compresión del concreto:

Ensayos aplicados a cilindros de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura elaborados con la mezclas del concreto.

Tomando inicialmente dosificaciones que variarán cada 20% hasta un 60% de contenido reciclado en el cilindro con un total 18 ensayos divididos de la siguiente manera:

- Ensayos con una dosificación de 20% de material reciclado cada 7, 14,28 días.
- Ensayos con una dosificación de 40% de material reciclado cada 7, 14,28 días.
- Ensayos con una dosificación de 60% de material reciclado cada 7, 14,28 días.

Luego de estos estos ensayos las propiedades de compresión buscada será con una capacidad de resistencia de 3000 PSI; también deben elaborarse 9 muestras de concreto convencional resistente a los 3000 PSI para futuras comparaciones.

3.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Las técnicas para recolectar los datos de las muestras se hará mediante la observación y la comparación de los ensayos que se realicen para cada muestra, se implementarán procesos de tamizado para realizar las dosificaciones a las que se quiere llegar (ASTM C33-03; ASTM C330) , con el uso de balanzas y otras herramientas menores para realizar las mezcla; luego de que estas se encuentren listas para ensayar, siguiendo los procesos definidos por la norma (curado, etc.), se procede a realizar los ensayos en la maquina universal para determinar las propiedades que se quieren estudiar para el fin buscado (ASTM C39/C39M – 18; ACI 201); todo esto teniendo en cuenta la norma para asegurar la calidad del proceso (NTC 550; NTC 673).

Todos los datos recolectados se tabularán en un formato previamente diseñado teniendo en cuenta promedios de dosificaciones y las propiedades a evaluar, para la manipulación y uso más óptimo de los resultados.

3.5 Técnicas de Procesamiento de Datos

Las técnicas de procesamiento se harán mediante la tabulación de los datos, los cuales serán analizados mediante la comparación y descripción de afectación de estos dependiendo no solo de los porcentajes de dosificaciones sino también de los días de curado de las mezclas establecidos a 7, 14 y 28.

3.6 Etapas del Proyecto o Actividades a Desarrollar

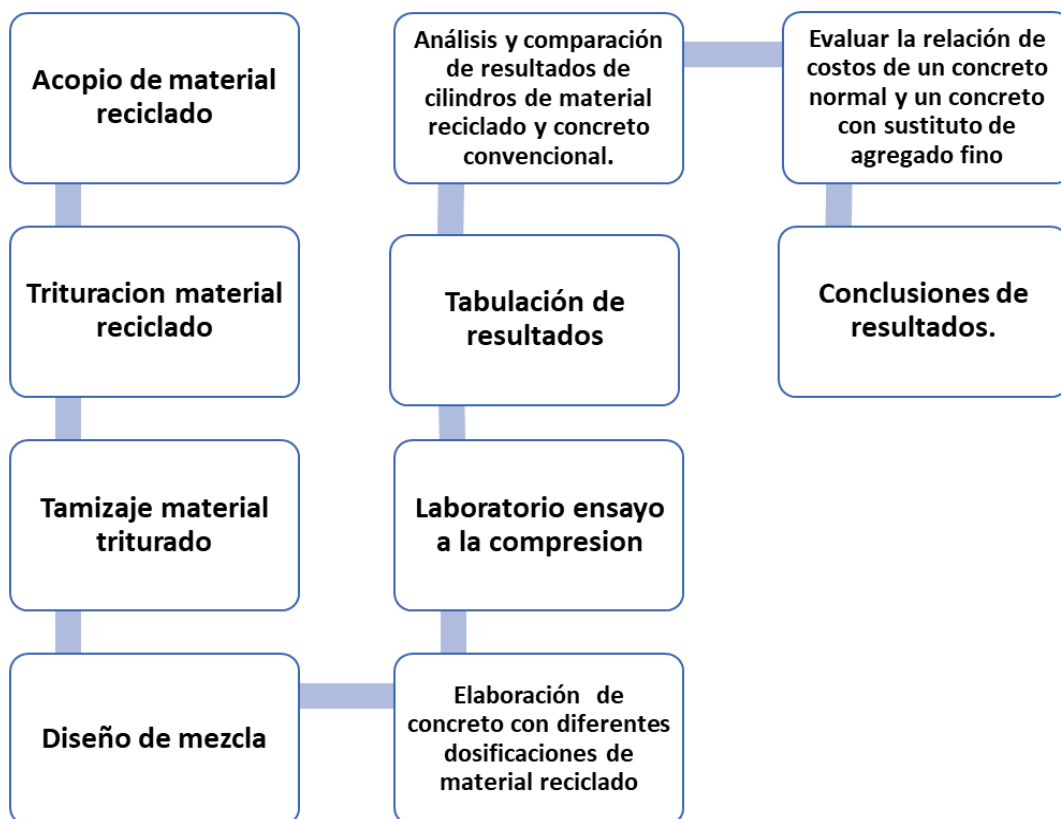


Figura 1. Etapas del proyecto o actividades a desarrollar

4. Informe Técnico

El siguiente informe técnico se basará en mostrar el comportamiento del concreto estructural con material reciclado (concreto triturado reemplazando un 20%, 40% y 60% del agregado fino del diseño de mezclas), pasando por todos los laboratorios y ensayos respectivos como lo determina la norma 630 de INV, para dar una conclusión final de si es viable utilizar material reciclado en el concreto en este caso como agregado fino.



Figura 2. Material de demolición

En el desarrollo de dicho proyecto se buscó material de demolición (concreto).

Teniendo ya el material, se procede al proceso de reciclado el cual consistió en llevarlo al triturador, esto con el fin de obtener el agregado fino (pasa el tamiz No. 4, INV 630).



Figura 3. Proceso de trituración del material reciclado

Teniendo como resultado un agregado con el tamaño requerido (pasa tamiz No. 4), luego de esto se procede hacer los diferentes ensayos de laboratorios al material para determinar sus propiedades físico-mecánicas, como lo indica la Norma INV 630 para concreto estructural.

- Granulometría (determinación del módulo de finura).
- Masa específica suelta y compacta.
- Humedad natural.
- Equivalente de arena.
- Densidad específica aparente y absorción.



Figura 4. Ensayo peso unitario del material reciclado



Figura 5. Ensayo gravedad específica material reciclado

De igual manera se utilizó material de la planta Transmateriales, como son agregado grueso y agregado fino, para realizar el diseño de la mezcla convencional. Se procede a realizar dichos ensayos, bajo supervisión y guía de los encargados del laboratorio de suelos de la Universidad Francisco de Paula Santander.

- Agregado fino.
- Granulometría (determinación del módulo de finura)
- Masa unitaria suelta y compacta.
- Humedad natural.
- Equivalente de arena.
- Densidad específica aparente y de absorción.



Figura 6. Ensayos, densidad de absorción y Equivalente de arena norma E-133 13

- Agregado grueso.
- Granulometría (determinación del tamaño máximo y tamaño máximo nominal).
- Masa unitaria suelta y compacta.
- Densidad específica aparente y de absorción.
- % de caras fracturadas.

- Partículas largas y planas.
- Desgaste a la abrasión en la máquina de los ángeles.



Figura 7. Granulometría de agregado grueso norma E - 123

Seguido a la granulometría se procedió a realizar el laboratorio de desgaste del agregado grueso en la máquina de los ángeles norma E- 218, usando el método B según la granulometría del material.



Figura 8. Laboratorio máquina de los ángeles norma E - 218

Conociendo las propiedades físico mecánicas de agregados fino, grueso y reciclado, se procedió al diseño de la mezcla, tanto convencional como con el árido reciclado. La cual fue de concreto de 3000 psi o 210 kgr/ cms o 21 mpa.

Teniendo el diseño de la mezcla para un concreto de 3000 psi, se procedió a la respectiva dosificación de los diferentes agregados, la combinación del agregado fino de la planta de trans materiales con el porcentaje de agregado fino reciclado.



Figura 9. Dosificación de materiales dicha dosificación es realizada por peso



Figura 10. Limpieza y organización de los moldes metálicos a utilizar para la realización de los cilindros de concreto

Una vez realizada la dosificación y el alistamiento de los moldes se procede a realizar la mezcla de concreto estructural, de forma mecánica con la ayuda de una mezcladora con

capacidad de $\frac{1}{4}$ de paca de cemento de 42.5 kg, propiedad del laboratorio de suelos de la UFPS.



Figura 11. Dosificación lista para llevarla a la mezcladora

Se vaciaron 5 cilindros tanto para la mezcla convencional como para los porcentajes respectivos de material reciclado. Concreto 20% reciclado 80% material de la planta trans materiales, concreto 40% reciclado 60% material de la planta trans materiales y concreto 60% reciclado 40% material de la planta trans materiales.



Figura 12. Primeros 5 cilindros de concreto convencional



Figura 13. Cilindros concreto convencional y cilindros de concreto con material reciclado



Figura 14. Finalización del vaciado de los cilindros a ensayar, con las diferentes mezclas de agregado fino de la planta trans materiales y concreto triturado

Al día siguiente del vaciado de los cilindros de concreto se procede a su desencofrado y rotulado para seguir con el proceso de curado y luego su posterior ensayo de rotura a la compresión.



Figura 15. Desencofrado y rotulado de los cilindros de concreto



Figura 16. Inmersión de los cilindros de concreto para su respectivo curado

- Ensayo a compresión en cilindros curados por 7 días
- Cilindro No. 4, concreto convencional, carga de rotura 30370 kg



Figura 17. Cilindro No. 4 antes de ser ensayado a compresión



Figura 18. Carga de rotura del cilindro No.4



Figura 19. (Falla tipo 6) cilindro No. 4

Cilindro No. 8, elaborado con 20% de material reciclado y 80% material de trituradora, carga de rotura 38575 kg.



Figura 20. Numero 8 antes de ser ensayado a compresión



Figura 21. Carga de falla del cilindro número 8



Figura 22. (Falla Tipo 1) cilindro número 8

Cilindro número 14 elaborado a base del 40% de material reciclado, carga de falla 30155 kg



Figura 23. Cilindro número 14 antes de ser ensayado a compresión

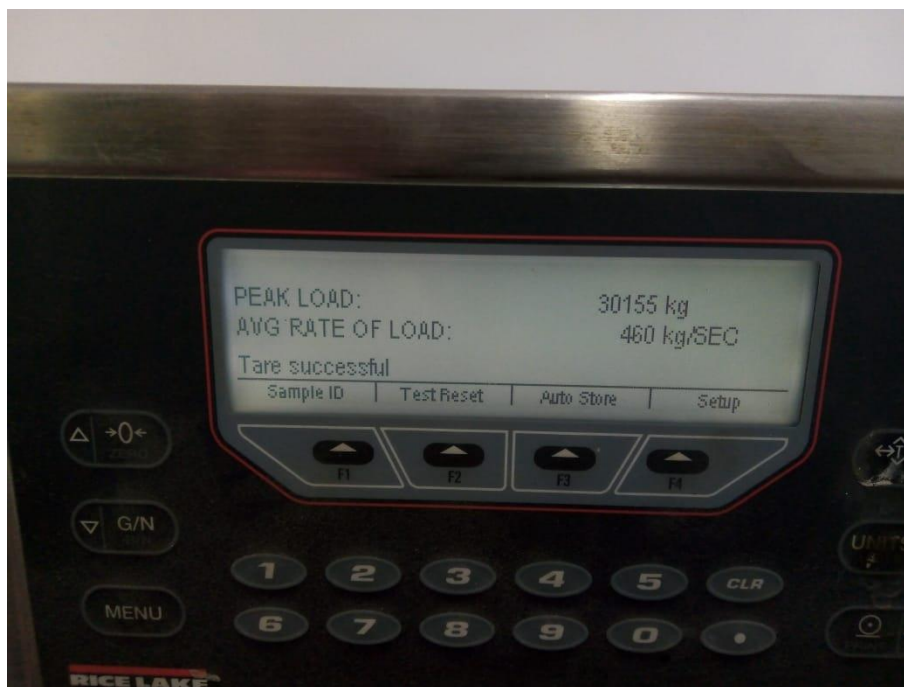


Figura 24. Carga de falla cilindro número 14



Figura 25. (Falla tipo 2) cilindro número 14

Numero 18 elaborado con 60% de material reciclado y 40% de material de trituradora, carga de falla 21630 kg.



Figura 26. Cilindro número 18 antes de ser ensayado a compresión



Figura 27. Carga de falla, cilindro número 18



Figura 28. (Falla tipo 2) cilindro número 18

Ensayo a compresión en cilindros curados por 28 días.

Cilindro número 5 elaborado con concreto sin material de reciclaje adicionado, carga de falla 62475.



Figura 29. Cilindro número 5 antes de ser ensayado a compresión



Figura 30. Carga de falla cilindro número 5



Figura 31. (Falla tipo 5) cilindro número 5

Cilindro número 6, hecho con un 20% de material reciclado y un 80% de arena de trituradora, carga de falla 60605.



Figura 32. Cilindro número 6 antes de ser ensayado a compresión



Figura 33. Carga de falla, cilindro número 6



Figura 34. (Falla tipo 1) cilindro número 6

Cilindro número 11, elaborado con un 40% de material reciclado y un 60% de arena de trituradora, carga de falla 67700kg



Figura 35. Cilindro número 11 antes de ser ensayado a compresión



Figura 36. Carga de falla, cilindro número 11



Figura 37. (Falla tipo 5) cilindro número 11

Cilindro número 16 elaborado con un 60% de material reciclado y un 40 % de arena de trituradora, carga de falla 39500 kg.



Figura 38. Cilindro número 16 antes de ser ensayado



Figura 39. Cilindro número 16

5. Conclusiones

La adherencia de los agregados finos y los gruesos es homogénea, esto se observó al momento de falla de los cilindros.

Se evidencio que los cilindros de concreto con un 20% de material reciclado, presentó una mayor resistencia a la compresión en comparación de los cilindros de concreto tradicional, teniendo un promedio superior a 3000psi en su primera semana de curado (ensayo a compresión a los 7 días). Esto se puede observar en el anexo donde el concreto tradicional estuvo por debajo de los 2500 psi.

En comparación el concreto con el 20% de material reciclado presentó mayor resistencia que el concreto con el 40% de material reciclado, este mismo concreto no superó los 2500 psi a los 7 días de curado.

En relación al concreto con el 60% de material reciclado se pudo observar una menor resistencia a la compresión en los 7 días de fraguado, comparando con la resistencia del concreto estándar, 20% y 40% de material reciclado.

Seguido al análisis de resistencias se pudo ver que el concreto con el 60% de material reciclado presenta una menor resistencia al mismo tiempo de curado que los anteriores concretos.

Es evidente la variación de peso unitario del concreto, conforme se le agrega material reciclado, su peso disminuye, promedio de pesos unitario de concreto tradicional 2,262 kg/m³, promedio del peso unitario del concreto con un 20 % de material reciclado 2,245 kg/m³, promedio del peso unitario del concreto con un 40 % de material reciclado 2,205 kg/m³, promedio del peso unitario del concreto con un 60 % de material reciclado 2,199 kg/m³.

6. Recomendaciones

Seguir con el estudio de este material reciclado en menores cantidades de agregado para ver su comportamiento.

También analizar este comportamiento en elementos como vigas y concretos para pavimento rígido.

Que la universidad francisco de paula Santander facilite la obtención de materiales para ampliar este estudio.

Referencias Bibliográficas

- Ajdukiewicz, A. & Kliszczewicz, A. (2002). Influence of recycled aggregates on mechanical properties of HS/HPC. *Cement and Concrete Composites*, 4(2), 269-279.
- Bedoya, C. & Dzul, L. (2015). El concreto con agregados reciclados como proyecto de sostenibilidad urbana. *Revista Ingeniería de Construcción*, 4(2), 1-15. Recuperado de: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732015000200002.
- Bo Wua, Wei-Feng Lia. & Xin-Yu Zhaoa. (2017). *Comportamiento de columnas esbeltas tubulares de acero cuadrado lleno de concreto fresco y grumos de concreto demolido*. Recuperado de: <https://www.academia.edu/18737506/columnas>
- Cámara de Comercio. (2021). *Datos geográficos*. Recuperado de: <https://www.cccucuta.org.co/secciones-51-s/datos-geograficos.htm>
- Cemex. (2019). *¿Por qué se determina la resistencia a la compresión en el concreto?* Recuperado de: <https://www.cemex.com.pe/-/por-que-se-determina-la-resistencia-a-la-compresion-en-el-concreto->
- Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental. (2010). *Síntesis ambiental del Norte de Santander. Norte de Santander*. Recuperado de: <https://www.corponor.gov.co/formatos/DIC%20SIGESCOR/PUBLICAR%20WEB%2010-12-09/PLAN%20DE%20ACCION%20AJUSTADO%202007%202011/2%20SINTESIS%20AMBIENTAL.pdf>

Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental. (2016). *Corponor suspendió extracción de material de arrastre en los ríos Pamplonita y algodonal*. Recuperado de: <https://corponor.gov.co/web/index.php/2016/02/04/corponor-suspendio-extraccion-de-material-de-arrastre-en-los-rios-pamplonita-y-algodonal/>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2021). *Indicadores económicos alrededor de la construcción (IEAC)*. Recuperado de: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib_const/Bol_ieac_Itrim21.pdf

Diario La Opinión. (18 de mayo de 2018). Sector de la construcción necesita un mejor entorno para repuntar. *Diario La Opinión*. Recuperado de: <https://www.laopinion.com.co/economia/sector-de-la-construccion-necesita-un-mejor-entorno-para-repuntar-154691#OP>.

Diario La Opinión. (24 de Octubre de 2015). Violan norma que prohíbe la extracción de material de arrastre del río Pamplonita. *Diario La Opinión*. Recuperado de: <https://www.laopinion.com.co/cucuta/violan-norma-que-prohibe-la-extraccion-de-material-de-arrastre-del-rio-pamplonita>

Domingo, A. (2007). *Estrategias de investigación y desarrollo*. Recuperado de: <http://www.arquitecturatropical.org/EDITORIAL/documents/EDIFICACIONES%20SOTENIBLES%20CILENTO.pdf>

Evangelista, L. & De Brito, J. (2007). Comportamiento mecánico del concreto hecho con agregados finos de concreto reciclado. *Revista Sciens*, 2(1), 397–401.

Evangelista, L. & De Brito, J. (s.f.). Mechanical behaviour of concrete made with fine recycled concrete aggregates. *Cement and Concrete Composites*, 4(2), 397-401.

Organización de las Naciones Unidas. & Habitat III. (2016). *Nueva agenda urbana*. Quito: ONU.

Santiago, D. (2009). *Variación de resistencias vs. Edades y relación a/c con cemento pórtland tipo i (sol)*. Tesis de grado. Universidad Riccardo Palma. Palma, Perú.

Sika Informaciones Técnicas. (s.f.). *Curado del Concreto*. Recuperado de:
<https://col.sika.com/content/dam/dms/co01/e/Curado%20del%20Concreto.pdf>

Thomas, J., Nazeer, N. & Wilson, P. (2018). *Fuerza y durabilidad del concreto que contiene agregados de hormigón triturado*. *Revista Sciens*, 4(2), 1-15.

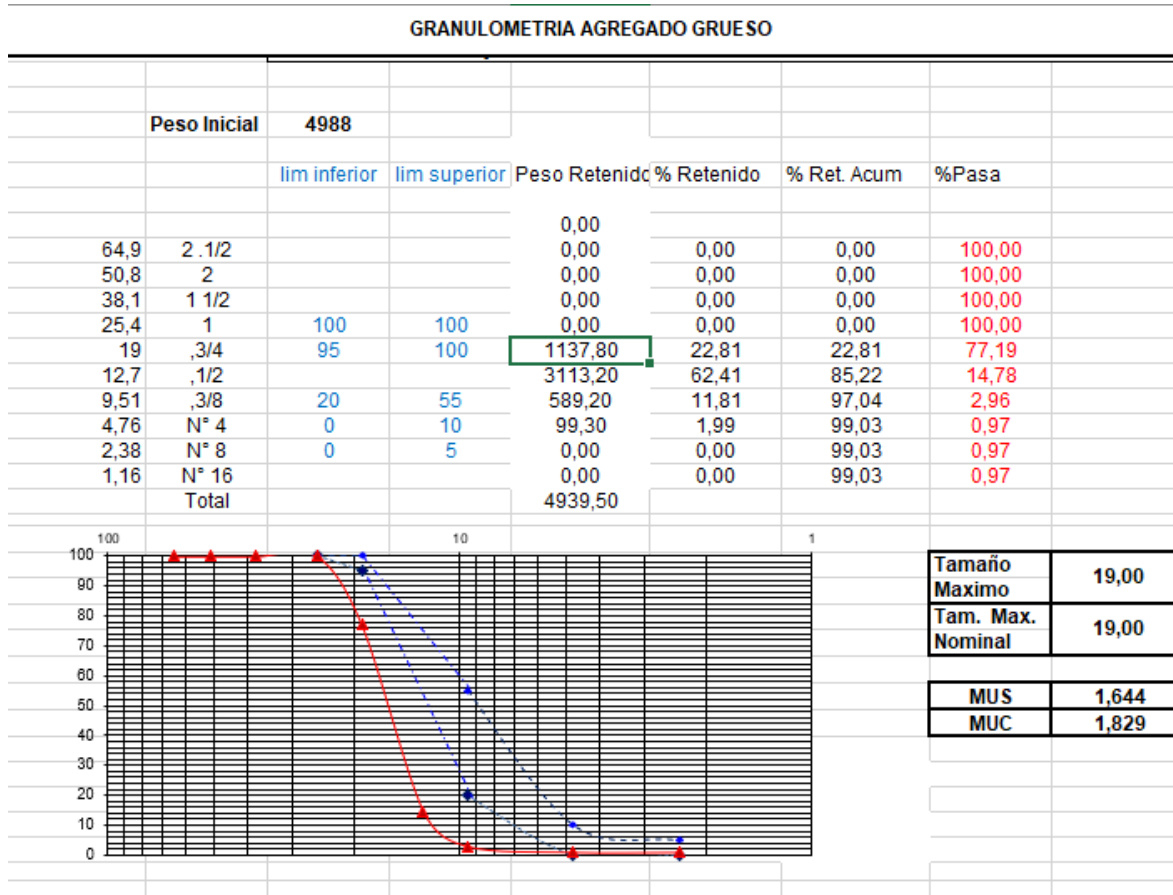
Anexos

Anexo 1. Humedad natural del agregado grueso

HUMEDAD NATURAL AGREGADO GRUESO DE 3/4 de PULGADA			
No.recipiente	252	297	290
Whumedo+Wrecipiente	216,90	210,81	205,33
Wseco+Wrecipiente	215,91	209,74	204,33
Wrecipiente	72,78	70,47	83,42
Humedad (%)	0,69	0,77	0,83
Humedad Promedio(%)	0,76		

HUMEDAD NATURAL AGREGADO GRUESO DE 3/4 de PULGADA			
No.recipiente	252	297	290
Whumedo+Wrecipiente	216,90	210,81	205,33
Wseco+Wrecipiente	215,91	209,74	204,33
Wrecipiente	72,78	70,47	83,42
Humedad (%)	0,69	0,77	0,83
Humedad Promedio(%)	0,76		

Anexo 2. Granulometría del agregado grueso




Anexo 4. Masa unitaria del agregado fino arena de trituración

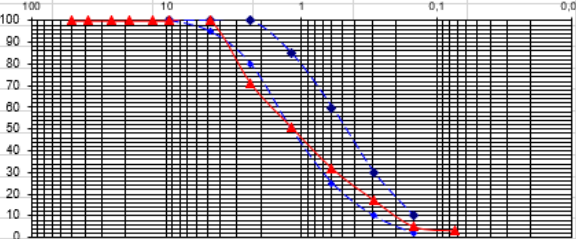
MASA UNITARIA AGREGADO FINO - ARENA DE TRITURACION (planta trans materiales)			
No.recipiente	Planta Esgamo - San Alberto - Cesar		
W Recipiente + Material Suelto grs	13712,2	13712,2	13712,2
W Recipiente grs	4488	4488	4488
W Material Suelto grs	9224,2	9224,2	9224,2
Volumen Recipiente cms3	5560	5560	5560
Masa Unitario Suelto grs/cms3	1,659	1,659	1,659
W Recipiente + Material Compacto grs	14637,6	14800,7	14849,9
W material Compacto grs	10149,6	10312,7	10361,9
Masa Unitario Compacto grs/cms3	1,825	1,855	1,864
Masa Unitaria Suelto grs/cms3	1,659		
Masa Unitaria Compacto grs/cms3	1,848		

Anexo 5. Humedad natural arena de trituración

HUMEDAD NATURAL AGREGADO FINO ARENA DE TRITURACION			
No.recipiente	250	114	2393
Whumedo+Wrecipiente	266,54	264,49	260,61
Wseco+Wrecipiente	264,06	261,44	257,62
Wrecipiente	71,53	86,52	72,28
Humedad (%)	1,29	1,74	1,61
Humedad Promedio(%)	1,55		

Anexo 6. Granulometría concreto reciclado

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES					
		GRANULOMETRIA AGREGADO FINO- MATERIAL RECICLADO					
SECTOR/OBRA :		ubicacion de la resistencia a la compresion de mezclas de concreto reciclado como sustituto del agregado fino en concreto estruc					
PROCEDENCIA :		municipio de Cúcuta, Norte de Santander concreto triturado					
	Peso Inicial	1000		Peso Lavado y Seco		970	
		<i>lim inf</i>	<i>lim sup</i>	Peso Retenido	% Retenido	% Rete Acum	% pasa
50,8	2			0	0,00	0	100,00
38,2	1 1/2			0	0,00	0,00	100,00
25,4	1			0	0,00	0,00	100,00
19	.3/4			0	0,00	0,00	100,00
12,7	.1/2			0,00	0,00	0,00	100,00
9,51	.3/8	100	100	0,00	0,00	0,00	100,00
4,76	4	100	95	0,00	0,00	0,00	100,00
2,38	8	100	80	290,80	29,08	29,08	70,92
1,19	16	85	50	200,70	20,07	49,15	50,85
0,595	30	60	25	190,50	19,05	68,20	31,80
0,292	50	30	10	145,20	14,52	82,72	17,28
0,149	100	10	2	120,40	12,04	94,76	5,24
0,074	200			20,00	2,00	96,76	3,24
	Fondo			0,00	0,00	96,76	3,24
	Total			967,60	96,76		



Mod finura Calculado	3,24
Norma	2.38 - 3.15

MUS	1,659
MUC	1,848

Anexo 7. Equivalente de arena, material de trans materiales

		ARENA TRITURADORA C
PRUEBA	1	
PROBETA No.	1	
A. (pulg.)	3,3	
B. (pulg.)	4,2	
C = (A/B) * 100 (%)	78,6	
Articulo 630 - INV -13		60 % minimo

Anexo 8. Humedad natural de la arena de trans materiales

HUMEDAD NATURAL AGREGADO FINO ARENA DE TRITURACION			
No.recipiente	250	114	2393
Whumedo+Wrecipiente	266,54	264,49	260,61
Wseco+Wrecipiente	264,06	261,44	257,62
Wrecipiente	71,53	86,52	72,28
Humedad (%)	1,29	1,74	1,61
Humedad Promedio(%)	1,55		

Anexo 9. Peso específico y absorción del agregado grueso

					1
A = Peso de la muestra seca al horno (gr.)					4931,5
B = Peso de la muestra saturada interiormente y seca superficialmente (gr.)					4987,2
C = Peso en el agua de la muestra de ensayo saturada (gr.)					3070,0
Peso específico aparente $P_{ea} = (A \cdot 0,9975) / (B - C)$					2,566
Peso específico aparente y superficialmente seco $P_{eb} = (B \cdot 0,9975) / (B - C)$					2,59
Peso específico nominal $P_{e\text{ nominal}} = (A \cdot 0,9975) / (A - C)$					2,64
% Absorción = $((B - A) / A) \cdot 100$					1,13
Peso específico aparente $P_{ea} = (A \cdot 0,9975) / (B - C)$					2,566
% Absorción = $((B - A) / A) \cdot 100$					1,129

Anexo 10. Diseño de mezclas de concreto estándar

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIO DE SUELOS CIVILES					
Diseño Mezcla de Concreto					
1. Características de los Agregados Petreos y Cemento					
Agregado Grueso	Planta trans materiales		Agregado Fino	Planta trans materiales	
Tam. Maximo	19	mm	Modulo Finura	3,24	
P.U. Suelto	1,644	g/cc	P.U. Suelto	1,659	g/cc
P.U. Compacto	1,829	g/cc	P.U. Compacto	1,848	g/cc
D. apar. seca	2,57	g/cc	D. apar. seca	2,30	g/cc
Absorcion	1,13	%	Absorcion	2,99	%
Humedad natural	0,76	%	Humedad natural	1,55	%
Cemento	Portland Tipo I				
Gs Cemento	3,1	g/cc	PUS cemento	1,2	g/cc
2. Requisitos de resistencia y manejabilidad de la mezcla de concreto					
Resistencia requerida	280	kgf/cm2	Resistencia diseño	320	kgf/cm2
Asentamiento	7,5	cms	Relación A/C	0,394	
Contenido de Aire	2	%	Contenido de agua	206	lt/m3
3. Metodo de diseño: Combinacion Agregados ROAD NOTE LABORATORY					
%Ag. fino/Ag. total	35	%			
Cemento	522,84	Kg/m3			

3.1. Cantidades de material por M3 de concreto						
Material	Peso seco	Densidad	Volumen	% Agreg	Corrección	Peso/M3
	Kg/M3	g/cc	Lt/M3	en peso	humedad	Agr. Humedo
Cemento	522,8	3,1	168,7			522,8
A. Fino	486,3	2,30	211,9	35,0	7,5	493,8
A. grueso	1009,6	2,57	393,5	65,0	7,7	1017,3
Agua	206,0	1,0	206,0		-10,7	216,7
Aire			20,0			
TOTAL	2224,7		1000,0	605,3		

4. Resumen diseño mezcla: Cantidades de material /M3 de concreto y Proporciones						
	Peso seco	Proporcion	Peso humedo	Proporcion	Vol. suelto	Proporcion
	Kg/M3	Peso	Kg/M3	Peso	Lt/M3	Volumen
Cemento	522,8	1,0	522,8	1,0	435,7	1,0
A. Fino	486,3	0,9	493,8	0,9	293,1	0,7
A. grueso	1009,6	1,9	1017,3	1,9	614,0	1,4
Agua	206,0		216,7		206,0	

5. Viguetas de prueba			Volumen 1 molde	0,00560	lt/cilindr
No. Cilindros	4,5		Volumen mezcla	23,856	Litros
Cemento	12,473	Kilos	A. Fino	11,781	Kilos
Agua	5,170	Litros	A. grueso	24,268	Kilos

6. Proporciones en Volumen Suelto

Cemento	12,30	Bultos / m3 de concreto	
Arena	293,11	0,293	m3 / m3 de concreto
Triturado	613,96	0,614	m3 /m3 de concreto

7, Reducción a un Bulto de Cemento

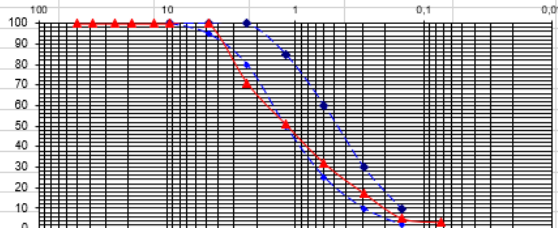
Cemento	1 bulto de 42,5 Kg		
Arena	0,024	m3/bulto	2,4 Baldes de 10 litros
Triturado	0,050	m3/bulto	6 Baldes de 10 litros
Agua Estimada	3 valdes de 10 litros		



GRANULOMETRIA AGREGADO FINO- ARENA MEZCLADA 20% RECICLADO

SECTOR/OBRA :	evaluacion de la resistencia a la compresion de mezclas de concreto reciclado como sustituto del agregado fino en concreto estructura municipio de Cúcuta, Norte de Santander
PROCEDENCIA :	Arena de Trituracion - planta de trituracion trans materiales (80%) concreto reciclado (20%)

	Peso Inicial	1200		Peso Lavado y Seco			1143,7	
		lim inf	lim sup	Peso Retenido	% Retenido	% Rete Acum	% pasa	
50,8	2			0	0,00	0	100,00	
38,2	1 1/2			0	0,00	0,00	100,00	
25,4	1			0	0,00	0,00	100,00	
19	3/4			0	0,00	0,00	100,00	
12,7	1/2			0,00	0,00	0,00	100,00	
9,51	3/8	100	100	0,00	0,00	0,00	100,00	
4,76	4	100	95	6,10	0,61	0,61	99,39	
2,38	8	100	80	17,20	1,72	2,33	97,67	
1,19	16	85	50	67,60	6,76	9,09	90,91	
0,595	30	60	25	360,80	36,08	45,17	54,83	
0,292	50	30	10	439,10	43,91	89,08	10,92	
0,149	100	10	2	82,40	8,24	97,32	2,68	
0,074	200			9,60	0,96	98,28	1,72	
Fondo				0,00	0,00	98,28	1,72	
Total				982,80	98,28			



Mod finura Calculado	2,44
Norma	2.38 - 3.15

Granulometria 20% de concreto triturado


Anexo 11. Equivalente de arena 20% reciclado

	20% RECICLADO	
PRUEBA	1	
PROBETA No.	1	
A. (pulg.)	3,6	
B. (pulg.)	4,3	
C = (A/B) * 100 (%)	83,7	
Articulo 630 - INV -13		60 % minimo

Anexo 12. Masa unitaria agregado fino 20% material reciclado

MASA UNITARIA AGREGADO FINO (20% RECICLADO)			
No.recipiente	Planta Esgamo - San Alberto - Cesar		
W Recipiente + Material Suelto grs	13942,3	13942,3	13942,3
W Recipiente grs	4799,6	4799,6	4799,6
W Material Suelto grs	9142,7	9142,7	9142,7
Volumen Recipiente cms3	5560	5560	5560
Masa Unitario Suelto grs/cms3	1,644	1,644	1,644
W Recipiente + Material Compacto grs	14744,8	15101,4	15056
W material Compacto grs	9945,2	10301,8	10256,4
Masa Unitario Compacta grs/cms3	1,789	1,853	1,845
Masa Unitaria Suelto grs/cms3	1,644		
Masa Unitaria Compacta grs/cms3	1,829		

Anexo 13. Diseño de mezclas concreto con el 20% de concreto triturado

 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIO DE SUELOS CIVILES					
Diseño Mezcla de Concreto					
1. Características de los Agregados Petreos y Cemento					
Agregado Grueso	Planta trans materiales		Agregado Fino	Planta trans materiales	
Tam. Maximo	19	mm	Modulo Finura	3,24	
P.U.Suelto	1,644	g/cc	P.U.Suelto	1,659	g/cc
P.U.Compacto	1,829	g/cc	P.U.Compacto	1,848	g/cc
D.apar.seca	2,57	g/cc	D.apar.seca	2,30	g/cc
Absorcion	1,13	%	Absorcion	2,99	%
Humedad natural	0,76	%	Humedad natural	1,55	%
Cemento	Portland Tipo I				
Gs Cemento	3,1	g/cc	PUS cemento	1,2	g/cc
2. Requisitos de resistencia y manejabilidad de la mezcla de concreto					
Resistencia requerida	280	kgf/cm ²	Resistencia diseño	320	kgf/cm ²
Asentamiento	7,5	cms	Relación A/C	0,394	
Contenido de Aire	2	%	Contenido de agua	206	lt/m ³
3. Metodo de diseño: Combinacion Agregados ROAD NOTE LABORATORY					
%Ag.fino/Ag.total	35	%			
Cemento	522,84	Kg/m ³			

Anexo 14. Granulometría 40% de material reciclado

3.1. Cantidades de material por M3 de concreto						
Material	Peso seco	Densidad	Volumen	% Agreg	Corrección	Peso/M3
	Kg/M3	g/cc	Lt/M3	en peso	humedad	Agr. Humedo
Cemento	522,8	3,1	168,7			522,8
A.Fino	486,3	2,30	211,9	35,0	7,5	493,8
A.grueso	1009,6	2,57	393,5	65,0	7,7	1017,3
Agua	206,0	1,0	206,0		-10,7	216,7
Aire			20,0			
TOTAL	2224,7		1000,0	605,3		

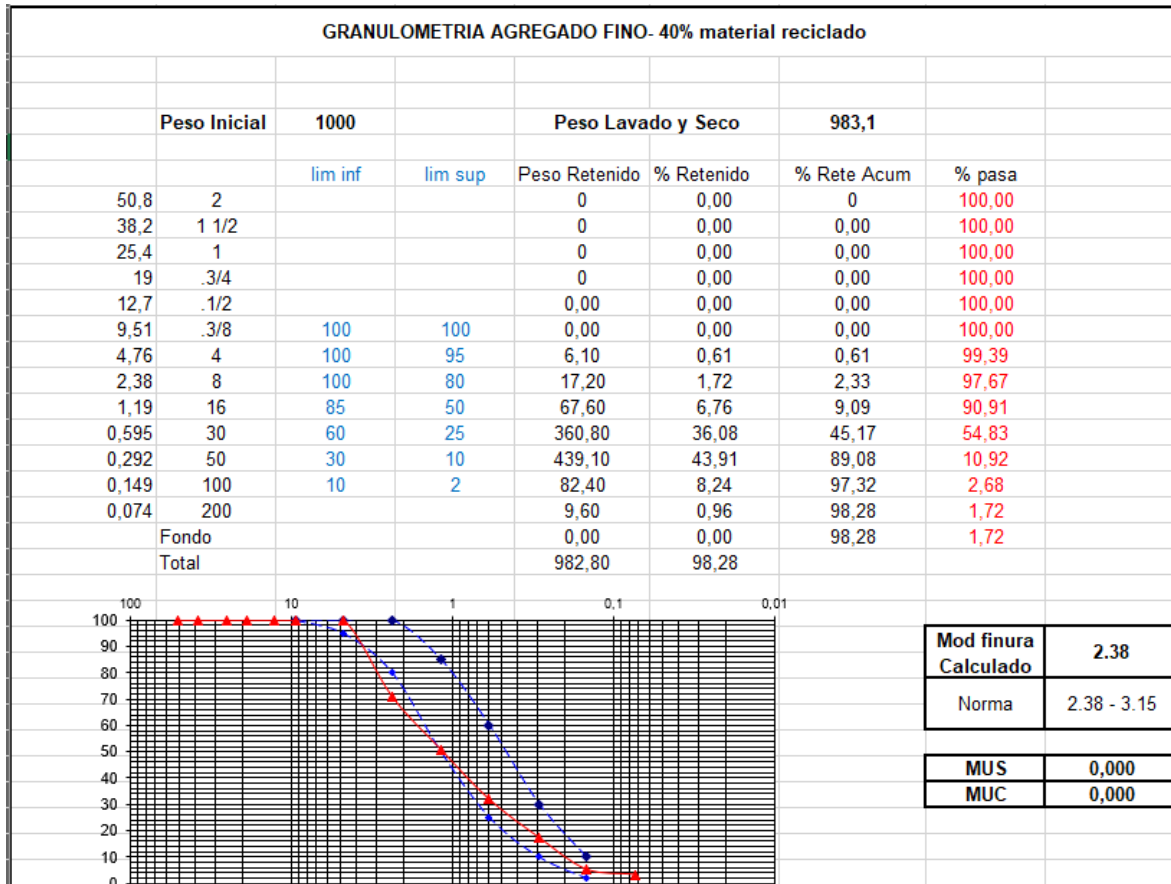
4. Resumen diseño mezcla: Cantidades de material /M3 de concreto y Proporciones						
	Peso seco	Proporción	Peso humedo	Proporción	Vol. suelto	Proporción
	Kg/M3	Peso	Kg/M3	Peso	Lt/M3	Volumen
Cemento	522,8	1,0	522,8	1,0	435,7	1,0
A.Fino	486,3	0,9	493,8	0,9	293,1	0,7
A.grueso	1009,6	1,9	1017,3	1,9	614,0	1,4
Agua	206,0		216,7		206,0	

5. Viguetas de prueba						
			Volumen 1 molde	0,00560	lt/cilindr	
No. Cilindros	4,5		Volumen mezcla	23,856	Litros	
Cemento	12,473	Kilos	A.Fino	11,781	Kilos	
Agua	5,170	Litros	A.grueso	24,268	Kilos	

6, Proporciones en Volumen Suelto						
Cemento	12,30	Bultos / m3 de concreto				
Arena	293,11	0,293	m3 / m3 de concreto			
Triturado	613,96	0,614	m3 /m3 de concreto			

7, Reducción a un Bulto de Cemento						
Cemento	1 bulto de 42,5 Kg					
Arena	0,024	m3/bulto	3 Baldes de 10 litros			
Triturado	0,050	m3/bulto	6 Baldes de 10 litros			
Agua Estimada	3 valdes de 10 litros					

Anexo 15. Masa unitaria agregado fino 40% material reciclado



Anexo 16. Equivalente de arena 40% reciclado

MASA UNITARIA AGREGADO FINO (40% RECICLADO)			
No.recipiente	Planta Esgamo - San Alberto - Cesar		
W Recipiente + Material Suelto grs	14007	14007	14007
W Recipiente grs	4799,6	4799,6	4799,6
W Material Suelto grs	9207,4	9207,4	9207,4
Volumen Recipiente cms3	5560	5560	5560
Masa Unitario Suelto grs/cms3	1,656	1,656	1,656
W Recipiente + Material Compacto grs	14741	15012,5	14987,3
W material Compacto grs	9941,4	10212,9	10187,7
Masa Unitario Compacta grs/cms3	1,788	1,837	1,832
Masa Unitaria Suelto grs/cms3	1,656		
Masa Unitaria Compacta grs/cms3	1,819		

Anexo 17. Diseño de mezclas concreto 40% de material reciclado



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES

Diseño Mezcla de Concreto

1. Características de los Agregados Petreos y Cemento

Agregado Grueso	Planta trans materiales	Agregado Fino	Planta trans materiales
Tam. Maximo	19,00 mm	Modulo Finura	3,24
Masa Unitaria suelta	1,644 g/cc	Masa Unitaria Suelta	1,659 g/cc
Masa unitaria compacta	1,829 g/cc	Masa unitaria compacta	1,848 g/cc
Densidad apar. seca	2,57 g/cc	Densidad apar. seca	2,30 g/cc
Absorcion	1,13 %	Absorcion	2,99 %
Humedad natural	0,76 %	Humedad natural	1,55 %

Cemento	Portland tipo I
Gs Cemento	3,1 g/cc
PUS cemento	1,2 g/cc

2. Requisitos de resistencia y manejabilidad de la mezcla de concreto

Resistencia requerida	280	Resistencia diseño	320
Asentamiento	7,5	Relación A/C	0,394
Contenido de Aire	2	Contenido de agua	206

3. Metodo de diseño: ACI211/CONTEC 174 INSTITUTE AMERICAN CONCRETE

b/bo	0,55	Tabla ACI 211 (MF/Tmax)
Pg	1005,808	Peso seco AG
Vg	392,00	Volumen absoluto AG
Cemento	522,84	Kg/m3

3.1. Cantidades de material por M3 de concreto

Material	Peso seco	Densidad	Volumen	% Agreg	Corrección	Peso/M3
	Kg/M3	g/cc	Lt/M3	en peso	humedad	Agr. Humedo
Cemento	522,8	3,1	168,7			522,8
A.Fino	489,7	2,30	213,3	32,7	7,6	497,2
A.grueso	1005,8	2,57	392,0	67,3	7,7	1013,5
Agua	206,0	1,0	206,0		-10,7	216,7
Aire			20,0			
TOTAL	2224,3		1000,0			

4. Resumen diseño mezcla: Cantidades de material /M3 de concreto y Proporciones

	Peso seco	Proporción	Peso humedo	Proporción	Vol. suelto	Proporcio
	Kg/M3	Peso	Kg/M3	Peso	Lt/M3	Volumen
Cemento	522,8	1,0	522,8	1,0	435,7	1,0
A.Fino	489,7	0,9	497,2	1,0	295,1	0,7
A.grueso	1005,8	1,9	1013,5	1,9	611,7	1,4
Agua	206,0		216,7		206,0	

5. Cilindros prueba

No. Cilindros	4,5	Volumen 1 molde	0,0056	Litros/cilindr
Cemento	12,47	Volumen mezcla	23,86	Litros
Agua	5,17	A.Fino	11,86	Kilos
		A.grueso	24,18	Kilos

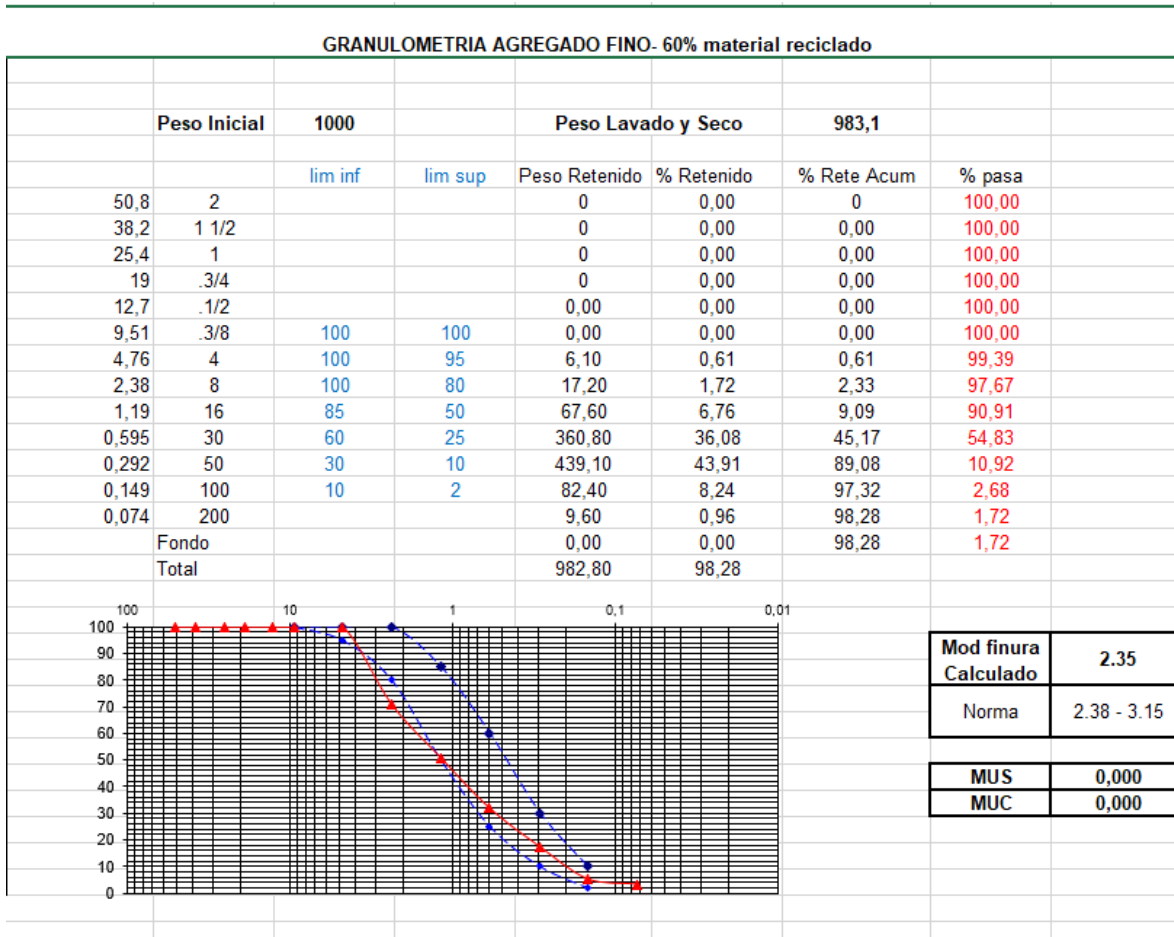
6. Proporciones en Volumen Suelto

Cemento	12,30	Bultos / m3
Arena	295,14	0,295 m3 / m3 de concreto
Triturado	611,67	0,612 m3 / m3 de concreto

7, Reducció a un Bulto de Cemento			
Cemento	1 bulto de 42,5 Kg		
Arena	0,024	m3/bulto	4 baldes de 10 litros
Triturado	0,050	m3/bulto	5 baldes de 10 litros
Agua Estimada	3 baldes de 10 litros		

40% RECICLADO		
PRUEBA	1	
PROBETA No.	1	
A. (pulg.)	3,3	
B. (pulg.)	4,7	
C = (A/B) * 100 (%)	70,2	
Articulo 630 - INV -13	60 % minimo	

Anexo 18. Granulometría agregad fino 60% reciclado



Anexo 19. Masa unitaria agregado fino 60% material reciclado

MASA UNITARIA AGREGADO FINO (60% RECICLADO)			
No.recipiente	Planta Esgamo - San Alberto - Cesar		
W Recipiente + Material Suelto grs	13672,4	13672,4	13672,4
W Recipiente grs	4799,6	4799,6	4799,6
W Material Suelto grs	8872,8	8872,8	8872,8
Volumen Recipiente cms3	5560	5560	5560
Masa Unitario Suelto grs/cms3	1,596	1,596	1,596
W Recipiente + Material Compacto grs	14693,9	14796,9	14743,2
W material Compacto grs	9894,3	9997,3	9943,6
Masa Unitario Compacta grs/cms3	1,780	1,798	1,788
Masa Unitaria Suelto grs/cms3	1,596		
Masa Unitaria Compacta grs/cms3	1,789		

Anexo 20. Equivalente de arena 60% reciclado

	60% RECICLADO		
PRUEBA	1		
PROBETA No.	1		
A. (pulg.)	3,0		
B. (pulg.)	3,6		
C = (A/B) * 100 (%)	83,3		
Articulo 630 - INV -13	60 % minimo		

Anexo 21. Diseño de mezclas concreto 60% de material reciclado



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

Diseño Mezcla de Concreto

1. Características de los Agregados Petreos y Cemento

Agregado Grueso	Planta trans materiales		Agregado Fino	Planta trans materiales	
Tam. Maximo	19	mm	Modulo Finura	3,24	
P.U.Suelto	1,644	g/cc	P.U.Suelto	1,659	g/cc
P.U.Compacto	1,829	g/cc	P.U.Compacto	1,848	g/cc
D.apar.seca	2,57	g/cc	D.apar.seca	2,30	g/cc
Absorcion	1,13	%	Absorcion	2,99	%
Humedad natural	0,76	%	Humedad natural	1,55	%

Cemento	Portland Tipo I				
Gs Cemento	3,1	g/cc	PUS cemento	1,2	g/cc

2. Requisitos de resistencia y manejabilidad de la mezcla de concreto

Resistencia requerida	280	kgf/cm ²	Resistencia diseño	320	kgf/cm ²
Asentamiento	7,5	cms	Relación A/C	0,394	
Contenido de Aire	2	%	Contenido de agua	206	lt/m ³

3. Metodo de diseño: Combinacion Agregados ROAD NOTE LABORATORY

%Ag.fino/Ag.total	35	%
Cemento	522,84	Kg/m ³

3.1. Cantidades de material por M3 de concreto						
Material	Peso seco	Densidad	Volumen	% Agreg	Corrección	Peso/M3
	Kg/M3	g/cc	Lt/M3	en peso	humedad	Agr. Humedo
Cemento	522,8	3,1	168,7			522,8
A.Fino	486,3	2,30	211,9	35,0	7,5	493,8
A.grueso	1009,6	2,57	393,5	65,0	7,7	1017,3
Agua	206,0	1,0	206,0		-10,7	216,7
Aire			20,0			
TOTAL	2224,7		1000,0	605,3		

4. Resumen diseño mezcla: Cantidades de material /M3 de concreto y Proporciones						
	Peso seco	Proporción	Peso humedo	Proporción	Vol. suelto	Proporción
	Kg/M3	Peso	Kg/M3	Peso	Lt/M3	Volumen
Cemento	522,8	1,0	522,8	1,0	435,7	1,0
A.Fino	486,3	0,9	493,8	0,9	293,1	0,7
A.grueso	1009,6	1,9	1017,3	1,9	614,0	1,4
Agua	206,0		216,7		206,0	

5. Viguetas de prueba						
No. Cilindros			Volumen 1 molde	0,00560	lt/cilindr	
	4,5		Volumen mezcla	23,856	Litros	
Cemento	12,473	Kilos	A.Fino	11,781	Kilos	
Agua	5,170	Litros	A.grueso	24,268	Kilos	

6, Proporciones en Volumen Suelto						
Cemento	12,30		Bultos / m3 de concreto			
Arena	293,11	0,293	m3 / m3 de concreto			
Triturado	613,96	0,614	m3 /m3 de concreto			

7, Reducción a un Bulto de Cemento						
Cemento	1 bulto de 42,5 Kg					
Arena	0,024	m3/bulto	3 Baldes de 10 litros			
Triturado	0,050	m3/bulto	6 Baldes de 10 litros			
Agua Estimada	3 valdes de 10 litros					

Anexo 22. Cuadros de resistencias y pesos específicos del concreto

proyecto: evaluación de la resistencia a la compresion de mezclas de concreto reciclado como sustituto del agregado fino en concreto estructural											
Identificación de cilindros	Fecha de elaboración	fecha de ruptura	Dias	Asentamiento	Peso de muestra kg	Peso unitario concreto kg/m ³	Carga Rotura Kg	Resist. Real Kg/cm ²	Resist. Real P. S.I.	Proyeccion 28 dias P. S.I.	tipo de concreto
3	2/02/2022	9/02/2022	7	7,5	12.550	2.257194245	31.245	2.432	3664,268594	n	
4	2/02/2022	9/02/2022	7	7,5	12.520	2.251798561	30.370	2363.42	3578,795456	n	
8	2/02/2022	9/02/2022	7	7,5	12.450	2.239208633	38.575	3001.94	4371,689065		20
9	2/02/2022	9/02/2022	7	7,5	12.550	2.257194245	38.754	3015.87	4388,793432		20
13	2/02/2022	9/02/2022	7	7,5	12.400	2.230215827	31.520	2452.91	3691,081535		40
14	2/02/2022	9/02/2022	7	7,5	12.250	2.20323741	30.155	2346.69	3557,756163		40
18	2/02/2022	9/02/2022	7	7,5	12.350	2.221223022	21.630	1683.26	2708,948793		60
19	2/02/2022	9/02/2022	7	7,5	12.300	2.212230216	20.520	1596.88	2595,904524		60
1	2/02/2022	2/03/2022	28	7,5	12.500	2.248201439	60.605	4716.34		n	
5	2/02/2022	2/03/2022	28	7,5	12.750	2.293165468	62.475	4861.86		n	
6	2/02/2022	2/03/2022	28	7,5	12.500	2.248201439	53.885	4193.38			20
10	2/02/2022	2/03/2022	28	7,5	12.450	2.239208633	54.632	4251.51			20
11	2/02/2022	2/03/2022	28	7,5	12.150	2.185251799	67.700	5268.48			40
15	2/02/2022	2/03/2022	28	7,5	12.250	2.20323741	41.640	3240.46			40
16	2/02/2022	2/03/2022	28	7,5	12.100	2.176258993	39.500	3073.93			60
20	2/02/2022	2/03/2022	28	7,5	12.100	2.176258993	41.300	3214.01			60
17	2/02/2022	4/04/2022	56	7,5	12.300	2.212230216	43940	3419.46			TESTIGO 60%

Anexo 23. Tipo de falla presentadas por el concreto ensayado a compresión

