

**REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

**REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**



CAMILO ENRIQUE CÁRDENAS ROBLEDO

UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA, BOGOTÁ D. C
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ, D. C**

2020

**REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

**REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

CAMILO ENRIQUE CÁRDENAS ROBLEDO



Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia
ASESOR

PhD. EDGAR RICARDO MONROY VARGAS

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA, BOGOTÁ D. C
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ, D. C

2020

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318



La presente obra está bajo una licencia:

Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

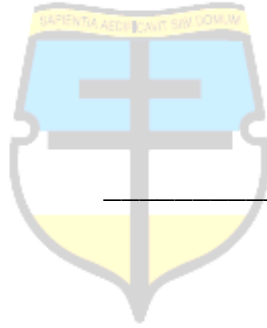
**REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

Nota de aceptación:

PhD. EDGAR RICARDO MONROY VARGAS
Director de Proyecto

Asesor de Proyecto



Firma del presidente del Jurado

UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

Firma del Jurado

Firma del jurado

Fecha:

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

CONTENIDO.

CONTENIDO.....	5
LISTA DE TABLAS.....	7
LISTA DE FIGURAS.....	8
INTRODUCCIÓN.....	7
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	9
2.1. ALCANCE.....	9
3. ANTECEDENTES Y LIMITACIONES.....	10
3.1. HISTORIA DEL CONCRETO.....	10
3.2 HISTORIA DEL CONCRETO EN COLOMBIA.....	11
3.3 CONCRETO RECICLADO.....	11
3.4. LIMITACIONES.....	13
4. JUSTIFICACIÓN.....	15
5. MARCO TEORICO.....	16
5.1. CONCRETO.....	16
M5.1.1. Clasificación del concreto.....	17
5.1.2. Resistencia a la compresión.....	19
5.1.3. Ensayo de la resistencia a la compresión.....	20
5.1.4. Diseño de mezcla de concreto.....	20
5.2 CONCRETO RECICLADO.....	21
5.2.1 Agregados:.....	22
5.2.2 Residuos de Construcción y Demolición (RCD).....	26
5.2.3 Propiedades del agregado de concreto reciclado.....	27
5.2.4 Ventajas del uso de RCD.....	27
5.3 MARCO LEGAL.....	28
6. ESTADO DEL ARTE.....	31

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

7. OBJETIVOS.....	37
7.1. GENERAL.....	37
7.2. ESPECÍFICOS.....	37
8. METODOLOGIA.....	38
8.1. ETAPA 1 REVISIÓN DOCUMENTAL.....	38
8.1.1. Fase 1: planear estrategia de búsqueda.....	39
8.1.2. Fase 2. Búsqueda y captura de información.....	41
8.1.3. Fase 3. Organizar la información capturada.....	41
8.1.4. Fase 4. Selección de información.....	42
8.2. ETAPA 2 ANÁLISIS COMPARATIVO.....	42
9. RESULTADOS.....	43
9.1 REVISIÓN DOCUMENTAL.....	43
9.1.1 Palabras claves.....	43
9.1.2. Ecuaciones y resultados de búsquedas.....	46
9.2. SELECCIÓN Y ORGANIZACIÓN DE INFORMACIÓN.....	47
9.3. ANALISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS.....	57
9.4. IMPACTO SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN POR EL USO DE AGREGADOS RECICLADOS.....	63
9.5. RECOMENDACIÓN SOBRE EL USO DE CONCRETOS RECICLADOS.....	65
10. BILIOGRAFIA.....	68

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

LISTA DE TABLAS.

Tabla 1 Clasificación de los concretos según su resistencia.	17
Tabla 2 Dosificación de concretos.	21
Tabla 3 Granulometría para agregados finos.	22
Tabla 4 Granulometría para agregados gruesos.	23
Tabla 5 Propiedades del agregado.	24
Tabla 6 Clasificación de los residuos de construcción y demolición (RCD).	26
Tabla 7 Palabras claves y sinónimos para construir ecuaciones de búsqueda.	45
Tabla 8 Ecuaciones resultados y filtros de búsqueda.	46
Tabla 9 Documentos seleccionados y referenciados.	47
Tabla 10 Origen y tipo de información.	49
Tabla 11 Información general de las condiciones experimentales de cada estudio.	51
Tabla 12 Resultado de interés en cada estudio seleccionado.	53

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

LISTA DE FIGURAS.

Figura 1: proceso de la revisión documental.	38
Figura 2 Familia de términos asociados a búsqueda preliminar en español.....	43
Figura 3 Familia de términos asociados a búsqueda preliminar en ingles.	44
Figura 4 Resultado para resistencia a la compresión en unas mezclas con sustitución del 5%, 10%, y 20% de la fracción grueso con residuos de ladrillo triturado.....	58
Figura 5 Resultados absolutos de la resistencia a la compresión según tipo de curado.....	58
Figura 6 Resultados relativos de la resistencia a la compresión según tipo de curado.....	59
Figura 7 Resultados de la resistencia a compresión de mezclas con concreto reciclado en sustitución del 25%, 50%, 75%, y 100% a los 7 y 28 días de curado.	59
Figura 8 Resultados resistencia a la compresión de concretos con porcentaje de reemplazo del 0%, 25%, 50% y 100% de la fracción gruesa natural por agregado de concreto reciclado tratado y sin tratar con proceso de carbonatación a los 7 y 28 días de curado.	60
Figura 9 Resultados promedio de la resistencia a la compresión en especímenes elaborados con agregado reciclados en comparación con la edad de falla.....	60
Figura 10 Resultado de resistencia a la compresión obtenida por concretos fabricados con áridos reciclados provenientes de escombros de 3 fuentes diferentes (GP, AA, CA).....	61
Figura 11 Resultado de resistencia a compresión obtenida por concretos elaborados con áridos reutilizados de construcción en la ciudad de Cali.	61
Figura 12 Resultado para la resistencia a compresión ganada por concretos elaborados con agregados seleccionados de residuos de construcción en la ciudad de Bogotá con respecto al tiempo de curado.	62
Figura 13 Resultados de diferentes investigaciones de concretos elaborados con agregados producidos con residuos de concretos reciclados.....	62

**REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

Figura 14 Resultados de diferentes investigaciones de la resistencia a la
compresión de concretos elaborados con agregados producidos con residuos de
demolición.....63



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

INTRODUCCIÓN.

En Colombia se registran diariamente construcciones nuevas o remodelaciones que a pesar del tamaño genera un volumen significativo de desechos sólidos cuya disposición final será una escombrera, relleno o botadero. Estas toneladas de escombros podrían ser utilizadas para producir nuevos concretos, lamentablemente no son aprovechados debido a la falta de información actualizada sobre las propiedades y ventajas de un concreto reciclado

La presente investigación se refiere al tema de los concretos elaborados con materiales reutilizables provenientes de demolición y los posibles efectos positivos o negativos sobre su resistencia a la compresión, propiedad mecánica que obtiene luego de estar en su estado sólido. Por esto se hace una revisión documental de los estudios realizados con los diferentes desechos generados por la industria de la construcción para luego realizar un análisis comparativo y determinar el verdadero comportamiento a los esfuerzos de compresión.

El uso de estos materiales busca transformar la industria de la construcción para que sea más amigable con el medio ambiente, tomando conciencia frente a la problemática que actualmente se vive, convirtiendo los desechos en materia prima.

Las investigaciones consultadas realizaron ensayos para evidenciar el comportamiento de las propiedades mecánicas y características del concreto sobre las cuales se basa el análisis que se realizará para entregar una recomendación que puede ser usada por aquellos actores de la industria que quieran comprometerse con una producción sostenible.

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Es de conocimiento popular que la construcción es una de las industrias que más impacta el medio ambiente a nivel mundial no solo por la cantidad de emisiones de carbono que genera durante su desarrollo, también la cantidad de recursos geológicos que requiere y las cantidades de desechos sólidos que produce año a año.

En países como Colombia donde la escasez de recursos geológicos no representa una preocupación grave como si lo es los desechos que produce la construcción son toneladas de escombros producto de las demoliciones que anualmente se vierte en los botaderos y las miles de hectáreas de flora con su fauna que son arrasadas por los procesos de minería a cielo abierto que genera la extracción de agregados para el concreto. en este entorno la idea de reutilizar este abundante material que podría mitigar el vertimiento de residuos sólidos, disminuir la extracción de agregados naturales y reducir los costos de construcción se presenta como una gran solución que lamentablemente no se usa gracias a la ausencia de información actualizada, la falta de confianza por parte de los diseñadores y constructores.

Por esta razón se hace necesario contar con una opinión actual fundamentada en información confiable que pueda brindar seguridad para que los sectores de la industria de la construcción se puedan comprometer con el uso de estas nuevas tecnologías que les permitan convertir en una labor sostenible amigable con el medio ambiente.

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.

La abundancia de residuos sólidos producto de las demoliciones propias de la construcción podría ser aprovechada de manera útil mitigando el impacto ambiental y reduciendo el uso de agregados naturales por agregados reciclados. Para conseguir un aumento en el uso de este tipo de material se requiere aportar evidencia técnica confiable y actual que pueda dar seguridad al sector sobre las ventajas mecánicas del nuevo concreto al tener un pleno conocimiento del comportamiento en una característica tan importante como la resistencia a la compresión que sirve de pauta para muchos diseñadores y constructores. Por esto se formula la siguiente hipótesis:

- *¿Cuál es el impacto sobre la resistencia a la compresión que genera sustituir los agregados naturales por agregados reciclados para concretos colombianos?*

2.1. ALCANCE.

La difícil situación mundial por la pandemia producida por el COVID-19 y las medidas de protección decretadas por el gobierno nacional y distrital, las cuales fueron acogidas por la Universidad Católica De Colombia impiden realizar investigación experimental y de campo, por este motivo el presente estudio se limita a una revisión en bases de datos con documentos académicos y publicaciones relacionados solamente con el concreto reciclado como material de construcción. Una vez recolectada y analizada la información, se realizará un análisis comparativo de los resultados de las investigaciones donde se tendrá en cuenta solamente las pruebas de resistencia a la compresión.

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

3. ANTECEDENTES Y LIMITACIONES.

3.1. HISTORIA DEL CONCRETO.

El concreto es una composición de agregados finos y gruesos más un aglutinante, mezclado con agua. Es un material de fácil manipulación con grandes cualidades y prestaciones cuando se endurece, obteniendo características semejantes a la roca.

Es el material de construcción más importante que ha acompañado al hombre a través de su historia; se tienen nociones de su uso desde el antiguo Egipto, Grecia y Roma desde el año 300 A.C. con las primeras edificaciones donde el concreto se usaba con aglutinantes a base de materiales calcinados de yeso, piedras caliza o ceniza volcánica en lugar del cemento que usamos hoy en día. Con él se levantaron pequeñas y grandes construcciones, templos Griegos, las grandes avenidas, caminos y el coliseo Romanos, el acueducto de Segovia para mencionar algunos. Acompañó a los Nórmanos en Gran Bretaña en el lejano año del 700 D.C. gran aliado de John Smeaton en 1774 en la construcción del faro de Eddy Stone donde uso escoria de hierro cal viva arena y arcilla para dar firmeza a su construcción.(Marrey y Grote 2003)

Para 1824 Joseph Aspdin patenta el cemento Portland el cual sería el aglutinante usado por excelencia en adelante. Siempre se ha buscado mejorar este materia alterando sus características agregando y remplazando los ingredientes que lo componen para darle mejores cualidades, una nueva función una mejor característica y así satisfacer las solicitudes de los constructores y diseñadores que cada vez incrementan la apuesta realizando proyectos más desafiantes y demandantes que el anterior. Así personas como Jack Monier llegan al concreto armado al agregar una estructura de hierro para aumentar las características de resistencia.(Ć, Kindij y Ć 2008) (Vargas, Galvis & Peñaranda, 2011).

Estas pequeñas mejoras logran realizar proyectos más complejos, como los apartamentos de August Perret construidos en 1902 en el 25 bis de Rue Franklin (Ć, Kindij y Ć 2008)

En Paris los primeros en abandonar los muros robustos y confiar la función estructural a un marco de concreto reforzado.

De esta forma se eleva la complejidad y la ambición de los proyectos, en 1905 se construye el templo Unity en Oak Park Illinois de los primeros en usar concreto con un encofrado reutilizable, 1908 Tomas Alva Edison utiliza concreto moldeado insitu para la construcción de 11 viviendas en Unión Nueva Jersey, 1914 el canal de panamá con una

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

construcción que duro 30 años, 1973 casa de la ópera en Sídney, Australia, (Jahren y Sui 2016) y se podría seguir hasta la actualidad siguiendo el mismo patrón que aumenta la complejidad y las exigencias para el concreto es por esta razón que con cada nuevo desafío se busquen maneras de modificarlas características del concreto para que esté a la altura de cada nuevo proyecto. (Ć, Kindij y Ć 2008) .(Marrey y Grote 2003). (Monroy, 2010)

3.2 HISTORIA DEL CONCRETO EN COLOMBIA.

Para 1905 la Empresa Industria e Inversiones Samper inauguró la primera cementera en el país que inicio a operar en 1909, tiempo después Cementos Diamantes haría lo mismo abriendo su planta en Cundinamarca de igual forma cementos Arcos incursiona en el mercado desde Antioquia. Para los años 40 se fundaron nuevas fábricas en Santander con Cementos Diamante, Valle Del Cauca con Cementos Del Valle, en Magdalena aparece Cementos Nare y Cementos Caribe en la Costa Atlántica. En 1955 se fundan Cementos el Cairo y Hércules, 1986 inicia operaciones Cementos Rio Claro, 1998 Cementos Andino, Concrecem en 2003, finalmente en el 2008 se inaugura la planta de Cementos Tequendama (Latorre 2008) (Casadiego-Quintero & Monroy, 2016).

Actualmente 3 grandes grupos internacionales dominan la industria del cemento en Colombia gracias a la compra de las plantas existentes las cuales fueron adquiridas de la siguiente forma: Grupo ARGOS conformado por Cementos Argos, El Cairo, Caribe Paz del Rio, Nare, Rio Claro, Tol, Andino, Concrecem y del Valle, CEMEX quien compro a Diamante y Samper y finalmente Grupo HOLCIN dueño de cementos Boyacá (Latorre 2008).

3.3 CONCRETO RECICLADO.

La idea de reutilizar elementos viejos para formar nuevos lleva mucho tiempo siendo utilizada en diversas tareas especialmente en la construcción, es por esto que las antiguas ciudades se construyeron sobre las ruinas de otras como se puede observar en numerosos ejemplos alrededor del mundo. En consecuencia es natural pensar en darle un nuevo uso al concreto viejo, que después de ser demolido se considera un simple desecho sin valor. Adicionalmente darle una nueva vida a estos materiales mitiga el vertimiento de residuos sólidos que contaminan el medio ambiente y evita la extracción innecesaria de materiales geológicos nuevos de canteras con métodos de minería a cielo abierto que causan gran impacto en la flora y fauna (Escobedo y Portland 2015)

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

El uso del concreto reciclado se observa al final de la Segunda Guerra Mundial en ciudades Europeas como Reino Unido y Alemania devastadas por los bombardeos. Utilizando para su reconstrucción los escombros para las nueva edificaciones. Los reportes realizados por investigadores de Inglaterra, de Alemania y Rusia hablan de las propiedades del concreto con agregados reciclados y su buen comportamiento; esto incentivó a que los Estados Unidos investigaran sobre el tema. (Escobedo y Portland 2015)

El instituto de investigación Ruso *Gidrotskhnicheskoge Stroiteistvo* inició un estudio experimental en 1946 que usaba los residuos de concreto como árido, encontraron que este agregado tenía un pesos específicos menores que los áridos naturales y que el concreto elaborado con este material tenía una baja resistencia a la compresión pero mostraba una mejor resistencia a la flexión que el concreto patrón (P. V. Gluzhge 1946) (Condori et al. 2018).

En 1973 A.D. Buck encontró menores resistencias a la compresión en comparación a las muestras de control, en concretos fabricados con concretos reciclados cuya mezcla mantenía una relación agua-cemento constante para mantener la Trabajabilidad de la misma además demostró que la resistencia del nuevo concreto puede ser mayor a la resistencia del concreto que conforma el agregado (Condori et al. 2018).

En el estudio *Strength of concrete made from crushed concrete coarse aggregate* de 1983 realizado por Torben C. Hansense establece la posible producción de concretos de baja resistencia usando concreto usado como agregado, los cuales pueden adquirir una resistencia mayor a la del concreto que lo compone siempre que se aumente y ajuste el contenido de cemento en la mezcla (Condori et al. 2018).

“En 2006, I.E. Martínez–Soto y C.J. Mendoza–Escobedo, determinaron que los concretos reciclados pueden ser usados como concretos clase dos, determinando que su mayor economía y resistencia a la tensión y flexión se da para consumos de cemento menores a 300 kg/m” (Condori et al. 2018).

“Dentro del contexto latinoamericano México D.F, en 1994 nace la empresa CONCRETOS RECICLADOS, S.A, la cual se dedica al reciclaje, trituración y clasificación de los desechos de la construcción y/o demolición.” (Condori et al. 2018).

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

“El 22 de abril de 2009, en la región de Valencia, en la carretera que une Manises y Paterna, se inauguró el primer puente atirantado a nivel internacional construido sólo con concreto reciclado, con 165 m de longitud, para desplazar 14.000 vehículos diarios, se usó 348 m³ de agregado reciclado”(Condori et al. 2018).

A nivel mundial en el año 2009 se lanzó la Iniciativa por la Sostenibilidad del Cemento CSI – Cement Sustainability Initiative por parte del Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible WBCSD – World Business Council for Sustainable Development la cual es una organización que reúne más de 200 empresas líderes que trabajan en conjunto para hacer un mundo sostenible.

“El objetivo de la CSI es promover el reciclaje de cemento y los beneficios para el ambiente, generando conocimiento científico en este campo el cual se considera de dominio público dentro de las industrias del cemento, el concreto y la construcción, al menos en algunos países”(Consejo mundial empresarial para el desarrollo sostenible 2009).

En Colombia Bogotá fue la primera ciudad en formalizar una normativa para tratar y aprovechar los residuos de la demolición con el acuerdo 489 del 2012 donde se desarrolló un programa de basura cero que contemplaba el reciclaje de escombros descrito en el Artículo 30 del plan de desarrollo.

A pesar de no ser una práctica habitual ya han surgido proyectos que posteriormente se han convertido en empresas es el caso de *ECOINGENIERIA SA*, *IGNEO* dedicada al aprovechamiento de los desechos de demolición y conversión a nuevos elementos como mobiliario urbano, iluminación, jardinería y proyectos personalizados.

3.4. LIMITACIONES.

- Fiabilidad de los datos encontrados ya que no se puede comprobar de manera personal y experimental los resultados de los estudios diseñados en cada artículo científico, teniendo en cuenta que la comparación solo se puede realizar con la información suministrada por cada uno.
- La investigación se encuentra sujeta a la interpretación y análisis de cada autor de la información encontrada en las bases de datos.

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

- El poco tiempo de desarrollo de la investigación impide abarcar toda la información disponible por esta razón se toma un grupo representativo de la misma.
- La imposibilidad de realizar investigación experimental o de campo, visitas técnicas a entidades o empresas que desarrollen este tipo de investigaciones o productos y no poder realizar consulta directa con especialistas o expertos en el tema debido a la actual pandemia producida por el COVID-19.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

4. JUSTIFICACIÓN.

Teniendo en cuenta que uno de los sectores con mayor crecimiento en Colombia es el de la construcción y que toda su actividad productiva genera residuos de construcción y demolición surge la necesidad de proveer a la industria material documental actualizado que le permita contemplar nuevas posibilidades de acción sostenibles. En este sentido el presente documento pretende facilitar la información necesaria para evaluar el uso de concreto reciclable o con agregados reciclables como una opción de disposición final adecuada para estos escombros que se han convertido a lo largo de los años en un problema medio ambiental y social en Colombia.

Es responsabilidad del sector ofrecer soluciones a las consecuencias transversales de su actividad económica como lo es la contaminación de escombreras, los rellenos sanitarios, el suelo, el aire y el patrimonio paisajístico, de manera que esta revisión documental aporta para que las empresas constructoras e instituciones relacionadas puedan concebir nuevas formas de afrontar las exigencias actuales.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

5. MARCO TEORICO.

5.1. CONCRETO.

El material más usado en la construcción por su gran versatilidad que permite usarlo en cualquier tipo de proyecto desde edificios hasta carreteras gracias a su bajo costo en comparación a otros materiales (Parra y Bautista 2010). El concreto sigue elaborándose hoy con las mismas materias primas básicas (cemento, agregados y agua); sin embargo nuevos componentes como los aditivos químicos o físicos, las fibras son cada vez más usados permitiendo el desarrollo de nuevos tipos de mezclas que presentan mejores características que el concreto tradicional según dicen las investigaciones y patentes realizadas; al igual que permiten la fabricación de un material más durable, económico y que busca contribuir con las exigencias actuales de sostenibilidad (Vargas& Barón, 2018).

El cemento junto con el agua conforma una pasta líquida que envuelve los agregados para no permitir que se toquen entre ellos, brindando así una movilidad a la mezcla; en esta etapa inicial conseguimos entonces un material de una consistencia determinada que admitirá su colocación dentro de formaletas para tomar diferentes formas. Pasado cierto tiempo, el aglomerante se vuelve más viscoso hasta llegar a un estado en el cual no es posible acomodar o vibrar el material sin estropearlo; poco tiempo después se presenta un estado de rigidez total de la mezcla que denominamos el fraguado final; este nos indica que el concreto inicia su proceso de ganancia de resistencia mecánica, la cual se evalúa a diferentes edades para verificar que tanto el diseño de mezclas así como la elaboración de los especímenes y el curado fueron adecuados para cumplir con los requerimientos especificados para el material (Sika. 2016) (Rueda & Vargas, 2018).

El concreto puede variar sus prestaciones al controlar en detalle las los componentes y variables de la mezcla logrando las propiedades solicitadas optimizando el costo del material (RODRÍGUEZ 2017) (Puentes et al., 2018).

Algunas de las propiedades que se modifican en los concretos son las siguientes:

- Trabajabilidad. Es la propiedad que permite mezclar, manejar y transportar el concreto fresco sin perder la homogeneidad.
- Durabilidad. Es la resistencia que tiene el concreto frente a los elementos o agentes ambientales a los que está expuesto.

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

- Impermeabilidad. Es el factor que controla la cantidad de agua que es absorbida por el concreto.
- Resistencia. La capacidad que posee el concreto para soportar por lo general esfuerzos de compresión y tensión sin perder la integridad de su estructura generalmente se mide a los 28 días en el concreto endurecido o fraguado.

5.1.1. Clasificación del concreto.

El concreto se clasifica de varias formas, la más usada es según sus propiedades y características, en esta categoría se puede encontrar:

- Concreto convencional
- Concreto ciclópeo conformado por grandes piedras y cemento

Según su resistencia a la compresión, en Colombia es muy usual el concreto de 21 Mpa, en la siguiente tabla se muestra la clasificación de los concretos según su resistencia

Tabla 1 Clasificación de los concretos según su resistencia.

Descripción	MPa	Resistencia a la Compresión	
		kg/cm ²	lb/pulg ²
Normal	7 - 42	70 - 420	1000 - 6000
Alta Resistencia	42 - 100	420 - 1000	6000 - 14000
Ultra Alta Resistencia	Más de 100	Más de 1000	Más de 14000

Fuente: (Reyes y Rodriguez 2010).

Otra clasificación muy importante es según el sistema de colocación y compactación, aquí se encuentran:

- Concreto compactado con rodillo (CCR) de consistencia seca, usado en presas de gravedad y pavimentos.
- Concreto lanzado aplicado con chorros a presión muy útil cuando el uso de formaletas es restringido o muy difícil, se emplea para estabilizar taludes y en reparaciones de concretos ya deteriorados.

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

-
- Concreto de bombeo muy versátil y de fácil aplicación actualmente es uno de los más demandados en la industria.

Finalmente están los concretos especiales aquellos que contienen modificaciones o características muy específicas aquí se destacan:

- Concretos ligeros cuya densidad menor a la de uno convencional.
- Concreto de peso pesado con densidad elevada.
- Concreto expansivo.
- Concretos de alta resistencia conocido comercialmente como el Cemento Portland del Tipo III.
- Concreto reforzado con fibras naturales o sintéticas.

En Colombia la Norma Técnica Colombiana 121 (NTC 121) actualizada en el año 2014 estandariza 6 tipos de cemento hidráulico clasificados según su uso (INCONTEC 2014) (Cementos Tequendama 2018).

Tipo UG – Uso General.

Útil para pavimentos, pisos, edificios, estructuras de concreto reforzado, puentes, etc. donde no exista una exposición a agentes agresivos (Cementos Tequendama 2018).

Tipo ART – Alta resistencia temprana.

Se caracterizan por alcanzar altas resistencias a los 7 días o antes del fraguado lo que permite una puesta en servicio más rápida, esta ganancia se debe al tratamiento de las partículas que lo componen al ser molidas o trituradas más finamente, por lo general su elaboración se realiza en la planta concretera (Cementos Tequendama 2018).

Tipo MRS Moderada Resistencia A Los Sulfatos.

Se utiliza para cimientos, muros de contención, estructuras y proyectos en general situados en ambientes donde no exista una alta exposición a sulfatos (Cementos Tequendama 2018).

Tipo ARS Alta Resistencia A Los Sulfatos.

Similares a los anteriores se usan para la construcción de obras en contacto o manejo de aguas de tipo residual o marítimas (Cementos Tequendama 2018).

Tipo MCH Moderado Calor De Hidratación.

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

Usado por lo general en puentes y tuberías adquieren resistencia a menor velocidad (Cementos Tequendama 2018).

Tipo BCH Bajo Calor De Hidratación.

Útil para proyectos que requieran evitar la aparición de dilataciones producidas por procesos de retracción térmica durante el fraguado se usa en construcciones de gran volumen como represas y diques (Cementos Tequendama 2018).

5.1.2. Resistencia a la compresión.

El concreto soportar grandes esfuerzos a compresión en su estado sólido es decir después del fraguado, esta característica depende en gran medida del comportamiento mecánico de sus componentes así como de la adherencia entre las partículas del agregado y el cemento activado por el agua. La resistencia a la compresión es el parámetro de mayor importancia a la hora de diseñar. Una resistencia normal del concreto es aquella inferior a 42 Mpa, se considera alta cuando su valor esta entre 42 Mpa y 100 Mpa, de ultra alta resistencia cuando supera los 100 Mpa a los 28 días de haber sido fundido.

Alguno de los factores que más afectan la resistencia son:

- Relación agua – cemento (a/c): es la cantidad en masa de agua sobre la cantidad de cemento en masa que proporcionalmente debe mantener un equilibrio demasiada agua puede generar poros en la pasta cementante comprometiendo la resistencia.
- Curado del concreto: este debe ser mínimo 7 días donde el concreto debe permanecer totalmente húmedo esto con el fin de evitar un secado prematuro o muy rápido que genere fisuras internas o externas debido al aumento de la temperatura del concreto durante el fraguado, este debe tener un secado paulatino y óptimo para asegurar la resistencia eficiente del material. En el laboratorio este curado se realiza en piscinas donde se sumergen los especímenes de prueba.
- Edad del concreto: en concretos convencionales se logra la mayor resistencia a los 28 días, para los concretos de alta y ultra alta resistencia este punto se logra a los 56 y 90 días respectivamente.

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

5.1.3. Ensayo de la resistencia a la compresión.

Este ensayo busca encontrar el valor de la resistencia a la compresión (f'_c) y determinar si el concreto suministrado cumple con los parámetros establecidos, y sirve como control de calidad este valor se toma en cuenta en cualquier diseño de estructuras de concreto. La prueba consiste en aplicar una carga axial de compresión de manera continua a un espécimen de prueba de forma cilíndrica normalmente de 6 x 12 pulgadas (150 x 300 mm) o de 4 x 8 pulgadas (100 x 200 mm). La resistencia a la compresión se determina dividiendo la máxima carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal del espécimen (INVIAS 2013).

Estos especímenes se elaboran y curan según la metodología descrita en INV E- 402-2012 y se ensayan según el procedimiento descrito en INV E-410-2012.

5.1.4. Diseño de mezcla de concreto.

El diseño de mezclas requiere muchos aspectos teóricos se puede relacionar a dicho diseño una cantidad de variables que pueden limitar el mismo como:

- Relación agua cemento.
- Contenido de cemento.
- Contenido máximo de aire.
- Asentamiento.
- Tamaño máximo de agregado grueso.
- Resistencia mínima.
- Determinar volumen absoluto.
- Etc.

Al final el diseño se reduce a la combinación correcta de cemento agregado agua y aditivos para lograr la Trabajabilidad y la Resistencia deseada esto se puede conseguir a través de los principios técnicos o por principios empíricos, donde la interacción de los componentes determina una cualidad del concreto por ejemplo:

- Relación agregado/cemento: Determina el costo.
- Cemento/agua: Varían resistencia y durabilidad.

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

- Arena/grava: Trabajabilidad.

Existen procedimientos para determinar la proporcionalidad estos métodos son:

- Método de peso.
- Método de volúmenes absolutos.
- Uso de tablas de dosificación.

Para el panorama de este estudio se usaran las tablas de dosificación (ver Tabla 2)

Tabla 2 Dosificación de concretos.

TABLA DE DOSIFICACIÓN DE CONCRETOS - CANTIDADES POR m³ DE CONCRETO															
DISEÑO	Resistencia F'c			CEMENTO		ARENA		GRAVA		AGUA					
										Agregado Humedo		Agregado Seco		PROMEDIO	
	Kg/cm ²	PSI	Mpa	Kilos	Bultos (50 Kg)	m ³	Latas (19 Lts)	m ³	Latas (19 Lts)	Lts.	Latas (19 Lts)	Lts.	Latas (19 Lts)	Lts.	Latas (19 Lts)
1, 2, 2	280	4000	27	420	8.4	0.67	35	0.67	35	180	9.5	200	10.5	190	10.0
1, 2, 2-1/2	240	3555	24	380	7.6	0.60	32	0.76	40	170	8.9	190	10.0	180	9.5
1, 2, 3	226	3224	22	350	7.0	0.55	29	0.84	44	160	8.4	180	9.5	170	8.9
1, 2, 3-1/2	210	3000	20	320	6.4	0.52	27	0.90	47	160	8.4	180	9.5	170	8.9
1, 2, 4	200	2850	19	300	6.0	0.48	25	0.95	50	145	7.6	170	8.9	158	8.3
1, 2 - 1/2, 4	189	2700	18	280	5.6	0.55	29	0.89	47	145	7.6	170	8.9	158	8.3
1, 3, 3	168	2400	16	300	6.0	0.72	38	0.72	38	145	7.6	170	8.9	158	8.3
1, 3, 4	159	2275	15	260	5.2	0.63	33	0.83	44	140	7.4	185	9.7	163	8.6
1, 3, 5	140	2000	14	230	4.6	0.55	29	0.92	48	135	7.1	160	8.4	148	7.8
1, 3, 6	119	1700	12	210	4.2	0.50	26	1.00	53	130	6.8	155	8.2	143	7.5
1, 4, 7	109	1560	11	175	3.5	0.55	29	0.98	52	120	6.3	145	7.6	133	7.0
1, 4, 8	99	1420	10	160	3.2	0.55	29	1.03	54	110	5.8	140	7.4	125	6.6

Fuente: (Martinez, 2006).

5.2 CONCRETO RECICLADO.

Es aquel agregado finos o gruesos obtenidos por proceso de demolición que son reciclados y separados para su posterior reutilización en la fabricación de concretos nuevos (Agreda y Moncada 2015).

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

5.2.1 Agregados:

“La **NTC 174** establece los requisitos de gradación y calidad para los agregados finos y gruesos”.

Por lo general provienen de la roca natural triturada extraída de canteras habitualmente en forma de bloques, losetas o fragmentos de distintos tamaños, aunque existen otros que son procesados e industrializados por el ser humano (Agreda y Moncada 2015). Los agregados pétreos se dividen en:

- Finos: compuesto por partículas de arena, roca triturada y materiales similares cuyo diámetro es inferior a 5 mm, este agregado debe estar libre de contaminantes como arcillas, material orgánico, micas y sedimentos (Agreda y Moncada 2015).

Para que se considere como agregado fino, debe cumplir los límites granulométricos descritos en la NTC 174, que se observan en la Tabla 3:

Tabla 3 Granulometría para agregados finos.

Tamiz	Porcentaje que pasa (%)
9,5 mm (3/8 de pulgada)	100
4,75 mm (No. 4)	87 - 100
2,36 mm (No. 8)	65 - 90
1,18 mm (No. 16)	45 - 75
600 micras (No. 30)	27 - 55
300 micras (No. 50)	5 - 32
150 micras (No. 100)	0 - 13
75 micras /No. 200)	0 - 5 ^{A-B-C}

^A Para concretos sometidos a abrasión, el límite para el porcentaje que pasa el tamiz 75 micras, (No. 200), es máximo el 5 %.

^B Para el agregado fino triturado industrialmente, el porcentaje que pasa el tamiz 75 micras (No. 200), que contenga polvo de trituración, este libre de arcillas o esquistos, el límite máximo para concretos sometidos a abrasión será el 5 %. Para los concretos no sujetos a la abrasión será máximo el 7 %.

^C Cuando el porcentaje de tamiz 75 micras (No. 200), supere el límite permitido de 5 %, o se quiera aumentar a 7 %, se debe demostrar el desempeño del material por medio de un ensayo de granulometría por hidrómetro, véase la ASTM D422..

Fuente: ((ICONTEC) 2018).

- Gruesos: Se usa frecuentemente grava, también puede contener piedras trituradas, escoria de hornos y cualquier partícula dura cuyo diámetro este entre los 9.5 mm y 100 mm (Agreda y Moncada 2015).

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

Para que se considere como agregado fino, debe cumplir los límites granulométricos descritos en la NTC 174, que se observan en la Tabla 4:

Tabla 4 Granulometría para agregados gruesos.

Número del tamaño del agregado	Tamaño nominal (tamices de abertura cuadrada)	Material que pasa uno de los siguientes tamices (porcentaje en su masa)													
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37,5 mm	25,0 mm	19,0 mm	12,5 mm	9,5 mm	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 16)	300 micras (No. 50)
1	90 mm a 37,5 mm	100	90 - 100	58 - 80	25 - 80	13 - 38	0 - 15	0 - 10	0 - 5	-	-	-	-	-	-
2	63 mm a 37,5 mm	-	-	100	90 - 100	35 - 70	0 - 15	0 - 10	0 - 5	-	-	-	-	-	-
357	50 mm a 4,7 mm (No. 4)	-	-	-	100	95 - 100	65 - 85	35 - 70	23 - 50	10 - 30	5 - 18	0 - 5	-	-	-
467	37,5 mm a 4,75 mm (No. 4)	-	-	-	-	100	95 - 100	85 - 85	35 - 70	22 - 50	10 - 30	0 - 5	-	-	-
57	25,0 mm a 4,75 mm (No. 4)	-	-	-	-	-	100	95 - 100	60 - 80	25 - 60	12 - 35	0 - 10	0 - 5	-	-
67	19,0 mm a 4,75 mm (No. 4)	-	-	-	-	-	-	100	90 - 100	55 - 78	20 - 55	0 - 10	0 - 5	-	-
7	12,5 mm a 4,75 mm (No. 4)	-	-	-	-	-	-	-	100	90 - 100	40 - 70	0 - 15	0 - 5	-	-
8	9,5 mm a 2,36 mm (No. 8)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 - 100	10 - 30	0 - 10	0 - 5	-
89	9,5 mm a 1,18 mm (No. 16)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90 - 100	20 - 55	5 - 30	0 - 10	0 - 5
9	4,75 mm (No. 4) a 1,18 mm (No. 16)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 - 100	10 - 40	0 - 10	0 - 5

Fuente: ((ICONTEC) 2018).

5.2.1.1 Métodos de muestreo y ensayo.

El muestreo y el ensayo deben hacerse de acuerdo a los siguientes métodos:

- **Muestreo:** Ver NTC 129 y norma ASTM D3665((ICONTEC) 2018).
- **Gradación y módulo de finura:** Ver NTC 77((ICONTEC) 2018).
- **Cantidad que pasa el tamiz 75 µm (No. 200):** Ver NTC 78((ICONTEC) 2018).
- **Impurezas orgánicas:** Ver NTC 127((ICONTEC) 2018).
- **Efecto de las impurezas orgánicas sobre la resistencia:** ver NTC 579((ICONTEC) 2018).
- **Sanidad:** ver NTC 126((ICONTEC) 2018).
- **Terrones de arcilla y partículas deleznable:** Ver NTC 589((ICONTEC) 2018).
- **Carbón y lignito:** Ver NTC 130.
- **Masa unitaria de la escoria:** Ver NTC 92((ICONTEC) 2018).
- **Abrasión del agregado grueso:** Ver NTC 98 o NTC 93((ICONTEC) 2018).
- **Agregados reactivos:** Ver el Anexo X.1. de la norma NTC 174((ICONTEC) 2018).
- **Hielo y deshielo:** ver norma ASTM C666.

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

- **Chert:** ver NTC 130 ((ICONTEC) 2018).

5.2.1.2 Funciones del agregado.

El agregado cumple principalmente las siguientes funciones:

- Como esqueleto para la pasta cementante, reduciendo la cantidad de pasta usada por metro cúbico (Jordan y Viera 2014).
- Proporciona una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas que actúan sobre el concreto (Jordan y Viera 2014).

5.2.1.3 Propiedades del agregado.

Tabla 5 Propiedades del agregado.

PROPIEDADES FÍSICAS	Densidad: Es importante cuando se busca diseñar concretos de bajo o alto peso unitario. Las bajas densidades indican también que el material es poroso, débil y de alta absorción
	Porosidad: Puede influir en la estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencias mecánicas, propiedades elásticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad.
	Peso unitario: Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos.
	Porcentaje de vacíos: Es la medida del volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados. Se evalúa usando la siguiente fórmula recomendada por ASTM C 29.
	$\% \text{ vacios} = \frac{(SxW - P.U.C.)}{SxW} x 100$
	Donde: S: Peso específico de mas W: Densidad del agua P.U.C: Peso Unitario Compactado seco del agregado
	Humedad: La cantidad de agua superficial retenida

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

por la partícula, su influencia está en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla se expresa de la siguiente forma.

$$\% \text{ humedad} = \frac{\text{Peso natural} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

PROPIEDADES RESISTENTES

Resistencia: La resistencia de los agregados depende de su composición, textura y estructura. Teniendo en cuenta que la resistencia del concreto no puede ser mayor que el de los agregados; si los granos de los agregados no están bien cementados unos a otros consecuentemente serán débiles. La norma británica establece un método para medir la resistencia a la compresión de los agregados utilizando cilindros de 25.4mm de diámetro y altura.

Tenacidad: Esta característica está asociada con la resistencia al impacto del material, con la flexión, angularidad y textura del material.

Dureza: Se define como dureza de un agregado a sus resistencia a la erosión, abrasión o en general al desgaste.

Módulo de elasticidad: Es definido como el cambio de esfuerzos respecto a la deformación elástica.

PROPIEDADES TERMICAS

Coefficiente de expansión: Cuantifica la capacidad de aumento de dimensiones de los agregados en función a la temperatura.

Calor específico: Es la cantidad de calor necesaria para incrementar en un grado centígrado la temperatura. No varía mucho en los diversos tipos de roca salvo en el caso de agregados muy ligeros y porosos.

Conductividad térmica: Está influenciada básicamente por la porosidad siendo su rango de variación relativamente estrecho.

Difusividad: Representa la velocidad con que se pueden producir cambios térmicos dentro de una masa. Se expresa como el cociente de dividir la conductividad entre el producto de calor específico por la densidad.

Fuente: (Jordan y Viera 2014).

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

5.2.2 Residuos de Construcción y Demolición (RCD).

Son aquellos desechos generados por construir, demoler, excavar y reparar cualquier obra civil o actividad semejante generalmente llamados escombros. En Colombia de acuerdo al decreto 2891 de 2013 estos residuos se pueden agrupar en dos grupos, aprovechables y no aprovechables pero no existe una clasificación definitiva. En la Tabla 3 se muestra una clasificación que puede ayudar a diferenciar estos desechos (Lizarazo 2015).

Tabla 6 Clasificación de los residuos de construcción y demolición (RCD).

Categoría	Grupo	Clase	Componentes
A. RCD APROVECHABLES	I. Residuos Mezclados	Residuos Pétreos	Concreto, cerámicos, ladrillos, arenas, gravas, baldosin, mortero
	II. Residuos de material fino	Residuos Finos no Expansivos	Arcilla (Caolin), limos y residuos inertes, poco o no plasticos
		Residuos Finos Expansivos	Arcillas (montmorillonitas) y lodos inertes con gran cantidad de finos altamente plasticos
	III. Otros Residuos	Residuos no Pétreos	Plasticos, PVC, maderas, cartones, papel, siliconas, vidrios, cauchos
		Residuos de Carácter Metalico	Acero, hierro, cobre, aluminio, estaño y zinc
		Residuos organicos de pedones	Residuos de tierra negra
		Residuos Organicos de cespiones	Residuos Vegetales y otras especies bióticas
B. RCD NO APROVECHABLES	IV, Residuos peligrosos	Residuos corrosivos, reactivos, radioactivos, explosivos	Desechos de productos químicos, emulsiones, alquitran, pinturas, disolventes organicos, aceites, resinas, etc

Fuente: (Lizarazo 2015) (secretaria distrital de ambiente 2015).

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

5.2.3 Propiedades del agregado de concreto reciclado.

- Granulometría: Varía con el proceso de trituración que se use para procesar los residuos y depende en gran medida de la composición del concreto original (Agreda y Moncada 2015).

Al depender del proceso de trituración es fácil acomodar la curva granulométrica dentro de los límites que recomiendan las normas internacionales para el empleo de agregado grueso en concreto estructural (ASTM)(Agreda y Moncada 2015).

- Forma y textura superficial: El mortero adherido a los agregados del concreto reciclado le da una textura más rugosa y porosa que la de los agregados naturales por el proceso de triturado. El coeficiente de forma del agregado reciclado es similar al que presenta el natural. (Agreda y Moncada 2015).
- Densidad y absorción: De igual forma este mortero adherido otorga una densidad y absorción inferior a la del agregado natural, esta densidad puede variar entre 2100 y 2400 kg/m^3 (Agreda y Moncada 2015).

5.2.4 Ventajas del uso de RCD.

- El uso de RCD disminuye los residuos de concreto y puede ser utilizado en la misma fuente de origen, implicando reducción en el consumo de energía usada para transportar y producir agregados nuevos lo que mejora la calidad del aire al mitigar las emisiones producidas por la maquinaria (Lizarazo 2015).
- Además de los beneficios para el medio ambiente, utilizar concreto reciclado también puede tener beneficios económicos, teniendo en cuenta la situación y las condiciones locales
- Los beneficios económicos de usar RCD se derivan de la situación y las condiciones locales como:
 - ✓ Cercanía y cantidades de agregados naturales disponibles (Lizarazo 2015).
 - ✓ El costo de enviar a los sitios autorizados para el vertimiento final de los escombros en ocasiones puede ser mayor que el valor necesario para separarlos y venderlo a un agente reciclador (Lizarazo 2015).

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

- La durabilidad del concreto reciclado significa que su vida útil representa una ventaja en sostenibilidad frente a otros materiales de construcción (Lizarazo 2015).

5.3 MARCO LEGAL.

- 1 Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 14014 "Gestión Ambiental. Análisis de ciclo de vida principios y marco de referencia".
- 2 Decreto 2811 de 1974 Código de recursos naturales y del medio ambiente; Art. 33, 192, 193 controles de ruido en obras de infraestructura. Manejo y reutilización de materiales orgánicos o inorgánicos para la construcción y ayuda del medio ambiente.
- 3 Ley 2 de 1959 Economía forestal de la nación y conservación de recursos renovables.
- 4 Reglamenta los procedimientos sobre explotación de materiales de construcción, servirá para la reglamentación que usan las canteras y el daño que genera a la corteza terrestre.
- 5 El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10). Esta norma reglamenta las condiciones con las que deben contar las construcciones con el fin de que la respuesta estructural a un sismo sea favorable.
- 6 Norma Técnica Colombiana NTC 4025 Concretos Método de ensayo para determinar el módulo de Elasticidad estático y la relación de Polición en concreto a Compresión.
- 7 Norma Técnica Colombiana NTC 1028. Ingeniería civil y Arquitectura. Determinación del contenido de aire en concreto fresco. Método Volumétrico.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

-
- 8 Norma Técnica Colombiana NTC 454. Concreto Fresco-Toma de muestras.
 - 9 Norma Técnica Colombiana NTC 673. Concretos. Ensayo de resistencia a la compresión de cilindros normales de Concreto.
 - 10 Norma Técnica Colombiana NTC 396. Ingeniería Civil y Arquitectura. Método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto.
 - 11 Norma Técnica Colombiana NTC 504. Ingeniería Civil y Arquitectura. Refrenado de especímenes cilindros de Concreto.
 - 12 Norma Técnica Colombiana NTC 890. Ingeniería civil y Arquitectura. Determinación del tiempo de fraguado de mezclas de concreto por medio de su resistencia a la penetración.
 - 13 Norma Técnica Colombiana NTC 3318. Concreto Premezclado.
 - 14 Norma Técnica Colombiana NTC 1032. Ingeniería civil y Arquitectura. Método de ensayo para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco. Método de Presión.
 - 15 Norma Técnica Colombiana NTC 550. Concretos. Elaboración y curado de especímenes de concreto en obra.
 - 16 Decreto reglamentario 2462 de 1989. Reglamenta los procedimientos sobre explotación de materiales de construcción servirá para la reglamentación que usan las canteras y el daño que genera a la corteza terrestre.
 - 17 Resolución 541 del 14 de diciembre de 1994. Reglamenta el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposiciones final de escombros, materiales concreto y agregados sueltos de construcción.
 - 18 Norma Técnica Colombiana NTC 121. Especificaciones de desempeño para cemento hidráulico
 - 19 Norma Técnica Colombiana NTC, 321 Ingeniería Civil y Arquitectura. Cemento Pórtland. Especificaciones químicas.
 - 20 Norma ICONTEC 30. Clasificación y nomenclatura de los cementos Pórtland de acuerdo con sus cualidades y usos.
 - 21 Norma ICONTEC 31. Definiciones relacionadas con la fabricación de los diferentes tipos de cemento.
 - 22 Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el ministro del medio ambiente. Se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el sistema nacional ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.
 - 23 Ley 99 de 1993, Por la cual se crea el ministro del medio ambiente. se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el sistema nacional ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.
 - 24 Resolución 1045 de 2003. Adopta la metodología para la elaboración de los planes de gestión integral de residuos sólidos, PGIRS, y se toman otras determinaciones.
 - 25 Decreto 1713 de 2002, Por el cual se reglamenta la ley 142 de 1994. la ley 632 de 2000 y la ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el decreto ley 2811 de 1974 y la ley 99 de 1993 en relación con la gestión integral de residuos sólidos.
 - 26 Decreto 838 de 2005. Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.
 - 27 Norma Técnica Colombiana NTC 129. Ingeniería civil y arquitectura. Práctica para la toma de muestras de agregados.
 - 28 Norma Técnica Colombiana NTC 3459. Concretos. Agua para la elaboración de concreto.
 - 29 Norma Técnica Colombiana NTC 3937. Ingeniería Civil y Arquitectura. Arena Normalizada para ensayos de cemento hidráulico.

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

-
- 30 Norma Técnica Colombiana NTC 385. Ingeniería civil y arquitectura. Terminología relativa al concreto y sus agregados.
 - 31 Norma Técnica Colombiana NTC 174. Concretos Especificaciones de los agregados para concreto.
 - 32 Norma Técnica Colombiana NTC 77. Concretos. Método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos.
 - 33 Norma Técnica Colombiana NTC 32. Tejido de alambre y tamices para propósitos de ensayo.
 - 34 Norma Técnica Colombiana NTC 4045. Ingeniería Civil y Arquitectura. Agregados livianos para concreto estructural.

Fuente: (Vera y Cuenca 2016).



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

6. ESTADO DEL ARTE.

Identificación: REPORTE DE PROGRESO INICIATIVA PARA LA SOSTENIBILIDAD DEL CEMENTO (CSI) 2012 (internacional) (Iniciativa para la Sostenibilidad de Cemento 2012).

Objetivo: explorar el desarrollo sostenible de la industria del cemento, identificando las acciones para que las empresas de cemento puedan de forma individual o grupal lograr un desarrollo sostenible creando contenidos y contextos aprovechables por las compañías involucradas

Categorías y variables protección del clima, uso de combustibles y materias primas, seguridad y salud del empleado, reducción de emisiones, impactos locales, reciclaje de concreto, sostenibilidad con concreto.

Instrumento de recolección de datos observación experimental, análisis de campo, análisis documental

Resultados: reportes y comunicaciones anuales para dar pautas y regulaciones a la industria de la construcción para que adopten las nuevas prácticas sostenibles.

Identificación: Artículo “REVISIÓN: CONCRETO RECICLADO” revista ALCONPAT (Asociación Latino Americana De Control De Calidad, Patología Y Recuperación De La Construcción) 2015 (Latinoamérica) (Escobedo y Portland 2015).

Objetivo: Establecer el estado actual del uso del concreto reciclado como agregado para nuevos concretos y las ventajas que trae el uso del mismo, acompañada de una reflexión frente a las acciones que se están tomando para la mitigación del impacto ambiental.

Categorías y variables: Concreto Reciclado, Residuos Sólidos, Cemento Portland, Agregados.

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

Instrumentos de recolección de datos: análisis documental

Resultados: El reciclaje de concreto resuelve la falta de agregados pétreos que cumplan con la normativa existente además de mitigar el impacto ambiental del vertimiento de residuos sólidos y protege las canteras.

Soluciona las fallas e infracciones a la normativa por la presencia de espumas volcánicas o puminitas presente en los agregados naturales.

Es posible obtener resistencias de hasta 350 MPa en concretos reciclados donde se dosifica el agregado grueso y se reduce la relación agua-cemento usando aditivos que modifiquen mezcla fresca.

Identificación: Tesis “ESTUDIO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO, UTILIZANDO COMO AGREGADO EL CONCRETO RECICLADO DE OBRA” Universidad Nacional del Santa. Chimbote – Perú. 2014 (Jordan y Viera 2014).

Objetivo general: Conocer los procesos de variación del comportamiento estructural del concreto, elaborados con diferentes porcentajes de agregados gruesos reciclados, para su respectiva utilización, determinando las resistencias a la compresión.

Categorías / variables: Recursos Naturales, Materias Primas, Desechos, Impacto Ambiental, Agregado Reciclado. Diseño De Mezclas.

Instrumentos de recolección de datos: Observación experimental. Análisis documental

Resultados: Se concluye que el porcentaje más idóneo del agregado de concreto reciclado a utilizar, según los resultados obtenidos, es de una proporción de 50% de agregado de concreto reciclado y 50% de agregado natural, en esta proporción se tienen un incremento de la resistencia a la compresión ascendente y homogénea.

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

Identificación: Tesis “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL CONCRETO PATRÓN Y CONCRETO RECICLADO, EVALUANDO SU COMPORTAMIENTO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO”. Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas Lima-Perú. Mayo 2016 (Apaza y Ysarbe 2016).

Objetivo general: Estudiar y evaluar el comportamiento de un concreto elaborado con residuos de construcción y demolición, en especial provenientes de probetas, para que se puedan utilizar como agregados gruesos en la elaboración de concreto.

Categorías / Variables: Propiedades mecánicas. Concreto patrón. Concreto reciclado. Beneficios económicos, Beneficios estructurales.

Instrumentos de recolección de datos: Ensayos de los agregados. Resultados de laboratorio. Observación experimental.

Resultados: Se comprobó que para sustituciones del 13% de agregado grueso natural por agregado grueso reciclado, utilizando la dosificación propuesta por el método Faury, se obtienen resultados satisfactorios desde el punto de vista de la resistencia mecánica.

Identificación: Tesis “COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO”. Universidad Néstor Cáceres Velásquez, Perú 2018 (Condori et al. 2018).

Objetivo general: Evaluar el comportamiento mecánico de un concreto con agregado reciclado.

Categorías / variables: Escases. Materia prima. Concreto reciclado. Escombros, pavimentos rígidos.

Instrumentos de recolección de datos: Observación directa.

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

Resultados: El porcentaje que puede ser apropiado de agregado reciclado es el de 10 % ya que se puede alcanzar un 80.66 % de resistencia a la compresión.

Identificación: trabajo de grado “VIABILIDAD EN LA ELABORACIÓN DE PREFABRICADOS EN CONCRETO USANDO AGREGADO GRUESOS RECICLADOS” Universidad Católica De Colombia, Bogotá, Colombia 2015 (Agreda y Moncada 2015).

Objetivo: Evaluar la viabilidad técnica del uso de agregado grueso reciclado en la elaboración de productos prefabricados para espacio público tales como sardineles, bordillos, cunetas y tope llantas que cumplan con la normativa colombiana para este tipo de elementos (NTC-4109) y con estándares mínimos de calidad.

Categorías: Concreto Reciclado, Residuos Sólidos, Cemento Portland, Agregado grueso, prefabricados

Resultado: El agregado grueso reciclado, demostró ser una opción viable como sustituto del agregado grueso convencional en mezclas con un contenido del 70%, para la elaboración de prefabricados tipo sardinell, bordillo, cuneta y tope llantas desde el punto de vista técnico, pues en todos los especímenes valorados se cumplió con lo requerido por la norma, al evaluarse mediante el ensayo a la resistencia a la compresión así como el ensayo en el que se sometieron a flexión con relación a las probetas elaboradas con mezcla convencional.

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

Identificación: Tesis “DIAGNOSTICO PARA LA ELABORACION DE CONCRETO A PARTIR DE LA UTILIZACION DE CONCRETO RECICLADO”. Universidad Piloto De Colombia. Bogotá, Colombia 2016 (Vera y Cuenca 2016).

Objetivo general: Diagnosticar la elaboración de concreto a partir de la utilización de escombros de concreto.

Categorías/Variables: Escombros. Nuevos concretos. Evolución del concreto. Investigación experimental.

Instrumentos de recolección de datos: Análisis documental de tesis previas. Observación experimental. Análisis de laboratorio.

Resultados: En la elaboración de concreto nuevo, utilizando 100% de agregados reciclados, podemos determinar una disminución entre el 10 y 15% en la resistencia a la compresión, frente a concretos elaborados con s agregados naturales. Los agregados provenientes de concreto reciclado, tienden a tener mayor capacidad de absorción, menor gravedad específica, presentan mayor desgaste y poseen buena forma en el tamaño de sus partículas.

Identificación: Tesis “COMPARACIÓN ESTRUCTURAL Y ESTIMACIÓN DE COSTOS DE LA UTILIZACIÓN DE CONCRETO CON AGREGADOS NATURALES Y CONCRETO CON RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (R.C.D.) COMO AGREGADO”. Universidad católica de Colombia. Bogotá, Colombia, 2017 (Castellanos, Rivera y Roa 2017).

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

Objetivo general: Realizar una comparación TEÓRICA (estructural y de costos de construcción) entre una estructura con concreto estructural convencional y otra con concreto estructural con RCD de concreto como agregado, en el diseño de una edificación regular en planta y altura de 5 pisos en la ciudad de Bogotá, en una zona de microzonificación sísmica LACUSTRE-200.

Categorías/Variables: Residuos (RCD). Reutilización. Costos de producción. Diseño estructural.

Instrumentos de recolección de datos: Análisis documental académica. Revisión bibliográfica institucional. Encuestas a constructoras nacionales.

Resultados: se obtiene que el beneficio económico de usar RCD en una proporción del 25% en el sistema estructural es equivalente al 0,97% de ahorro, además al observar las derivas en los dos diseños estructurales podemos concluir que no difiere de más del 1% en su situación más crítica por ende “el uso de RCD en concreto estructural no afecta las derivas.

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

7. OBJETIVOS.

7.1. GENERAL.

Hacer un análisis actual acerca del impacto en la resistencia a la compresión por el uso de concretos reciclados o que usan agregados reciclados para dirigir a la industria a una producción sostenible.

7.2. ESPECÍFICOS.

- Realizar una revisión documental sobre concretos reciclados donde se analicen las propiedades mecánicas usando bases de datos académicas.
- Seleccionar la información recolectada.
- Realizar un análisis comparativo de la información recolectada.
- Precisar el impacto sobre la resistencia a la compresión que tiene el uso de concretos reciclados.
- Realizar una recomendación sobre el uso de concretos reciclados.

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

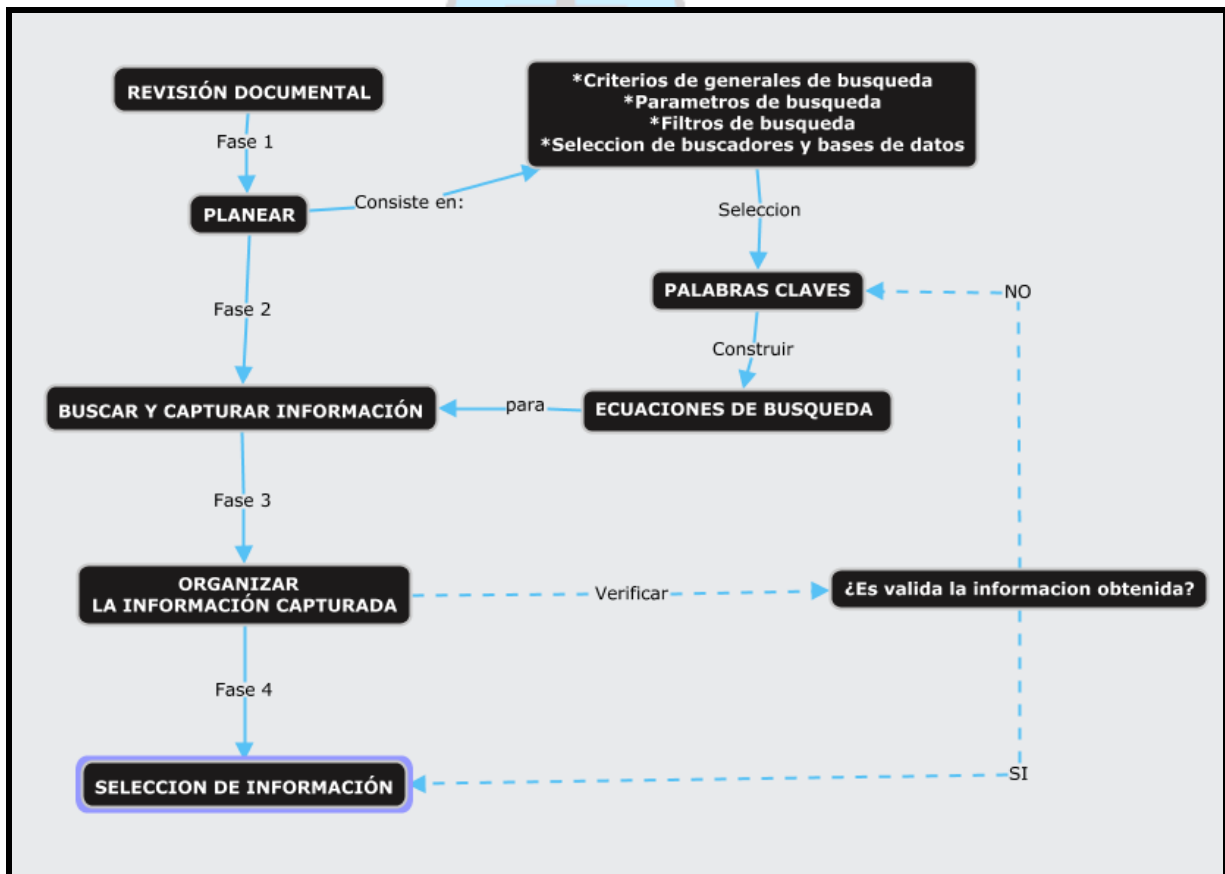
8. METODOLOGIA.

Este estudio se divide en dos etapas y cada una de ellas se desarrolla en fases

8.1. ETAPA 1 REVISIÓN DOCUMENTAL.

Para este trabajo se implementará una metodología en 4 fases representada gráficamente a continuación.

Figura 1: proceso de la revisión documental.



Fuente: Autor.

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

8.1.1. Fase 1: planear estrategia de búsqueda.

8.1.1.1. Paso 1. Definir objetivo de búsqueda.

Para la planeación de la estrategia de búsqueda se debe definir el objeto de la misma para el caso de este estudio es:

- Encontrar información sobre el comportamiento mecánico de los concretos reciclados o que usan agregados reciclados en su mezcla.

8.1.1.2. Paso 2. Establecer parámetros y criterios para búsqueda.

Para cumplir con este objetivo es necesario establecer parámetros y criterios de búsqueda tales como:

- Centrar los resultados de búsqueda en publicaciones realizadas en un periodo de tiempo comprendido entre el año 2015 y 2019 para obtener un panorama general y determinar un tema común entre los hallazgos asegurando ser los trabajos más recientes.
- Para mantener el rigor académico del estudio es necesario limitar la búsqueda a documentos académicos como tesis, artículos de revistas especializadas, revisiones de documentos y patentes.
- Filtrar las búsquedas en áreas de conocimiento o campos de estudios relacionados a la ingeniería civil, la ciencia de materiales, materiales de construcción, estructuras y mecánica de materiales.
- Excluir los documentos y patentes relacionadas al concreto asfáltico y pavimentos.

8.1.1.3. Paso 3. Identificación de las fuentes de información.

Se requiere conocer:

- Las bases de datos relevantes.
- Revistas principales.
- Autores principales relacionados con el tema.

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

8.1.1.4. Paso 4. Seleccionar buscadores y bases de datos.

Se usará los siguientes buscadores:

- **www.lens.org**: buscador de patentes y documentos oficiales que muestra de forma gráfica los resultados obtenidos.
- **www.Scopus.com**: Plataforma de búsquedas de artículos, con múltiples filtros y un módulo para exportar la información a otros programas.
- **www.Thesaurus.com**: base de datos de sinónimos de palabras se usará para encontrar las palabras claves.
- **www.scienceDirect.com**: una base de que ofrece textos, revistas científicas y documentos con revisión.
- **www.Proquest.com**: una plataforma que cuenta con 39 bases de datos de tesis doctorales, libros y revistas científicas
- **www.repository.ucatolica.edu.co**: plataforma disponible por los medios virtuales de la universidad que guarda la producción intelectual de miembros de la comunidad universitaria

8.1.1.5. Paso 5. Elección de palabras claves.

Se seleccionan previamente a la construcción de las ecuaciones de búsqueda, usando la plataforma thesaurus.com se encuentran sinónimos de estas palabras según el contexto y criterio de la búsqueda que se pretende realizar, estos sinónimos permiten abarcar un mayor espectro de búsqueda direccionándola al tema deseado estas palabras pueden ir cambiando a medida que se desarrolla la búsqueda cada vez que se valida la información encontrada.

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

8.1.1.6. Paso 6. Construcción de ecuaciones de búsqueda.

Se construye usando palabras claves y operadores lógicos (AND, OR , AND NOT), estas ecuaciones son las que direcciona la búsqueda en cada plataforma y permite la interacción entre todas ellas al realizar cambios en las palabras claves después de cada validación de información es pertinente ajustar la ecuación de búsqueda para ser más específicos en el resultado, por esta razón se inicia con una ecuación general que ir evolucionando a una más compleja y específica.

8.1.1.7. Paso 7. Ejecutar búsqueda.

Una vez construida la ecuación de búsqueda esta será ingresada en cada plataforma y base de datos preestableciendo los parámetros y criterios que delimitaran los resultados obtenidos.

8.1.2. Fase 2. Búsqueda y captura de información.

Con la ecuación de búsqueda construida se iniciará el proceso de recolección de información, ingresando dicha ecuación en cada plataforma y base de datos seleccionada y delimitando los resultados con los parámetros establecidos en la planeación, se procede entonces a registrar los hallazgos para ser procesados y analizados posteriormente.

8.1.3. Fase 3. Organizar la información capturada.

Una vez recopilada la información y registrado el número de documentos encontrados se procede a evaluar la calidad de esta información, se verifica que cumpla los criterios y parámetros establecidos, la pertinencia al tema de búsqueda, su relevancia, es importante prestar atención al volumen de la información ya que un número muy elevado de documentos es difícil de procesar y evaluar efectivamente por esta razón en cada verificación se valida si los hallazgos cumplen con estas condiciones y se reformula las palabras claves que conforman la ecuación de busque para volver a ejecutarla, a medida que se observa patrones en los temas que se relacionan, con la ayuda de los software de análisis incluidos en algunos buscadores se pueden relacionar los campos de estudio y las palabras que más aparecen en los resultados de esta forma se direcciona la búsqueda hacia ese tema en particular. Con el análisis se puede determinar cuál es la organización

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

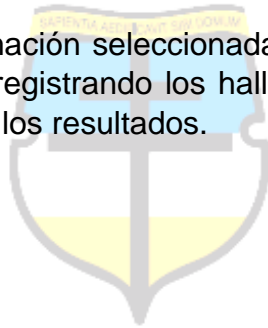
más activa con mayores publicaciones por año, así como el autor de las mismas, el país donde se registran más documentos y patentes

8.1.4. Fase 4. Selección de información.

Organizada la información se realizará una selección de aquellos estudios que cuenten con ensayos de las propiedades mecánicas para extraer los resultados de estas pruebas para ser tabuladas y analizadas

8.2. ETAPA 2 ANÁLISIS COMPARATIVO.

Se evalúa en conjunto la información seleccionada para establecer el comportamiento de la resistencia a la compresión registrando los hallazgos por medio de tablas y/o gráficas para ser analizadas y presentar los resultados.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

9. RESULTADOS.

9.1 REVISIÓN DOCUMENTAL.

9.1.1 Palabras claves.

En primera medida se requiere encontrar palabras claves.

Usando el motor de búsqueda www.search.carrot2.org el cual cuenta un algoritmo que permite realizar búsquedas y agrupar los resultados en familias de temas, de esta forma se logra obtener una idea sobre las palabras claves que deberán orientar la búsqueda.

Figura 2 Familia de términos asociados a búsqueda preliminar en español.

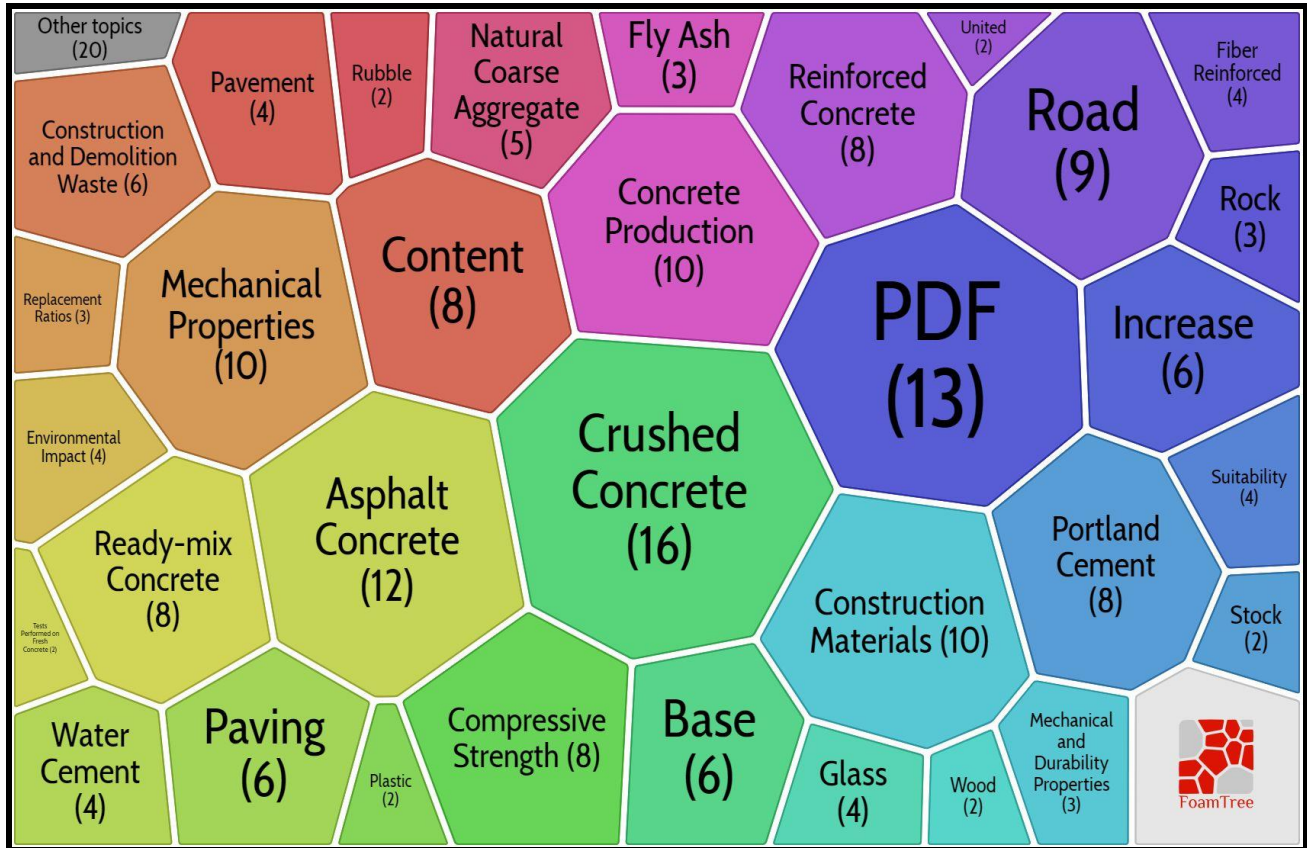


Fuente: www.search.carrot2.org. (21 de abril 2020).

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

Figura 3 Familia de términos asociados a búsqueda preliminar en inglés.



Fuente: www.search.carrot2. (21 de abril 2020).

Desde este punto se puede apreciar una asociación entre las palabras concreto, mezclas, agregados y reciclados ya que son los grupos más grandes.

Adicionalmente a las palabras claves se incluyen los sinónimos de estas dentro del contexto del tema para ampliar el espectro de búsqueda.

Es pertinente aclarar que la elección de las palabras claves es el resultado de un proceso iterativo de la validación de la información obtenida en cada búsqueda y la elección de algún concepto o tema que aparece mayormente en cada resultado por esta razón en la siguiente tabla se presentan el resultado final de las iteraciones que satisface el objetivo del estudio.

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

Tabla 7 Palabras claves y sinónimos para construir ecuaciones de búsqueda.

Palabra Clave	Sinónimo	Contexto
	Español	
Concreto	Cemento, Hormigón, Mortero	Materiales, Construcción, Ingeniería Civil
Reciclado	Reciclaje, Convertir, Reutilizar, Reprocesar, Salvar, Recuperar	Materiales, Construcción, Ingeniería Civil
Agregado	Agregados	Materiales, Construcción, Ingeniería Civil
Mezcla	Mezclas, Mezclar, Mezclado, Combinado	Materiales, Construcción, Ingeniería Civil
	Ingles	
Concrete	Cement, Mortar	Materials, Construction, Civil Engineering
Recycled	Recycle, Convert, Reuse, Reprocess, Save, Recover	Materials, Construction, Civil Engineering
Aggregate	Aggregates	Materials, Construction, Civil Engineering
Mixture	Mixes, Mix, Mexed, Combined, Combination	Materials, Construction, Civil Engineering

Fuente: Autor.

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

9.1.2. Ecuaciones y resultados de búsquedas.

Para el desarrollo de este estudio se construyeron las ecuaciones basadas en las palabras claves, determinadas por los grandes grupos de términos asociados, con el uso de operadores booleanos en la siguiente tabla se presentan las ecuaciones usadas y el número de documentos encontradas con ella así como el refinamiento o filtrado de las mismas para realizar una selección primaria de la información a usar.

Tabla 8 Ecuaciones resultados y filtros de búsqueda.

ECUACIÓN DE BÚSQUEDA	ScienceDirect	Scopus	ProQuest	LENS.ORG	REPOSITORIO UCC
ESPAÑOL					
(concreto OR cemento OR hormigón OR mortero) AND (reciclado OR reciclaje OR convertir OR reutilizar OR reprocesar OR salvar OR recuperar) AND (agregado OR agregados) AND (mezcla OR mezclas OR mezclar OR mezclado OR combinado)	925	18	719	150	62
(concreto OR hormigón OR mortero) AND (reciclado OR reciclaje) AND (agregado OR agregados) AND (mezcla OR mezclas OR mezclar OR mezclado)	14	16	161	73	36
(concreto OR hormigón) AND (reciclado) AND (agregado) AND (mezcla OR mezclado)	9	2	71	59	31
(concreto) AND (reciclado) AND (agregado) AND (mezcla)	7	1	62	43	31
FILTRO: año de publicación 2015-2019	0	1	28	23	7
FILTRO: campo de estudio ingeniería civil, materiales de construcción y afines	0	1	13	23	7
Numero de documentos válidos para investigación	0	1	3	18	3
INGLES					
(concrete OR cement OR mortar) AND (recycled OR converted OR reused OR reprocessed or salvaged OR recovered) AND (aggregate OR aggregates) AND (mix OR mixtures OR mix OR mixed OR combined)	26775	17386	82650	9862	
(concrete OR mortar) AND (recycled OR recycled) AND (aggregate OR aggregates) AND (mix OR mixes OR mix OR mixed)	11348	12034	17192	3745	
(concrete) AND (recycled) AND (aggregate) AND (mix OR mixed)	12107	11964	16259	3567	
(concrete) AND (recycled) AND (aggregate) AND (mix)	10397	9646	13211	3036	
Refine by year 2015-2019	5228	6113	5546	1069	
Refine by article type (review)	505	344	2168	1008	
Refine by publication title (Constrction and Building materials)	108	107	123	61	
Numero de documentos válidos para investigación	2	2	1	1	

Fuente: Autor.

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

9.2. SELECCIÓN Y ORGANIZACIÓN DE INFORMACIÓN.

Para esta fase de la investigación se revisó de forma manual los documentos seleccionados según los criterios y filtros de búsqueda, se escogieron aquellos donde se realizaron ensayos experimentales de compresión a especímenes de prueba. Bajo el rigor normativo vigente en el país de origen del documento. A continuación se presenta la Tabla No. 9 que contiene los títulos de los documentos seleccionados.

Tabla 9 Documentos seleccionados y referenciados.

ID	TITULO	REFERENCIA
1	COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA DE ADOQUINES DE CONCRETO Y OTROS ELABORADOS CON VIDRIO RECICLADO	(Cabrera 2015)
2	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA DE UNA MEZCLA DE CONCRETO CON MATERIALES RECICLADOS PROCEDENTES DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) DE LA CIUDAD DE CALI PARA USO EN OBRAS VIALES DE BAJO TRANSITO	(Mena y Valdes 2015)
3	ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO SUSTITUYENDO PARCIALMENTE EL AGREGADO FINO POR CAUCHO MOLIDO RECUBIERTO CON POLVO CALCÁREO	(Eraso y Ramos 2015)
4	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE PANELES DE FERROCEMENTO CON AGREGADO FINO RECICLADO	(Mattey Centeno et al. 2015)
5	REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE CONCRETO HIDRÁULICO COMO UN NUEVO MATERIAL EN LOS PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN: UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN EL NOROESTE DE MÉXICO	(Gutierrez y Mungaray 2015)
6	USO DE MATERIAL RECICLADO DE LA INDUSTRIA DEL COBRE EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO	(Mena y Valdes 2015)
7	A COMPREHENSIVE ANALYTICAL STUDY ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE CONTAINING WASTE BOTTOM ASH AS NATURAL AGGREGATE REPLACEMENT	(Nikbin et al. 2016)
8	A CRITICAL REVIEW AND ASSESSMENT FOR USAGE OF RECYCLED AGGREGATE AS SUSTAINABLE CONSTRUCTION MATERIAL	(Kisku et al. 2017)
9	AFECTACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN CONCRETOS MODIFICADOS CON RECICLADO DE CONCRETO	(Ospina Lozano et al. 2016)
10	CARBONATACIÓN ACELERADA EN AGREGADOS RECICLADOS DE CONCRETO Y EVALUACIÓN DE SU DESEMPEÑO EN MEZCLAS DE CONCRETO PARA VÍAS	(Monje Lombo y Rodríguez Villareal 2016)
11	COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO CON AGREGADOS RECICLADOS DENTRO DE LA FUENTE QUE LOS GENERA.	(Londoño 2016)
12	PROPIEDADES MECÁNICAS Y DE PERMEABILIDAD DE CONCRETO FABRICADO CON AGREGADO RECICLADO	(Mora Villota 2016)
13	RECYCLED CONCRETE AGGREGATE (RCA) FOR THE USE IN CONSTRUCTION: GENERAL REVIEW	(Dewanti 2016)
14	COMBINED INFLUENCE OF RECYCLED CONCRETE AGGREGATES AND HIGH CONTENTS OF FLY ASH ON CONCRETE PROPERTIES	(Kurda, de Brito y Silvestre 2017)

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

15	ESTUDIO PARA CARACTERIZAR UNA MEZCLA DE CONCRETO CON CAUCHO RECICLADO EN UN 5% EN PESO COMPARADO CON UNA MEZCLA DE CONCRETO TRADICIONAL DE 3500 PSI.	(Pérez y Arrieta 2017)
16	MECHANICAL PROPERTIES OF RECYCLED CONCRETE MADE WITH DIFFERENT TYPES OF COARSE AGGREGATE	(Zhou y Chen 2017)
17	PERFORMANCE OF MORTARS CONTAINING RECYCLED FINE AGGREGATE FROM CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE	(Katz y Kulisch 2017)
18	PROPIEDADES MECÁNICAS, ELÉCTRICAS Y DE DURABILIDAD DE CONCRETOS CON AGREGADOS RECICLADOS	(Laverde y Torres 2017)
19	PROTOTIPO DE CONCRETO CON DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS EN LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA	(Rodríguez 2017)
20	ANÁLISIS DE RESIDUOS DE LADRILLO COMO AGREGADO GRUESO PARA LA FABRICACIÓN DE CONCRETO	(Gallon 2018)
21	CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE CONCRETO MODIFICADO CON ADITIVO PLASTIFICANTE	(Farfán y Leonardo 2018)
22	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO FABRICADO CON AGREGADOS RECICLADOS PROVENIENTES DE ADOQUINES	(Silvestre, Aguirre y Castillo 2017)
23	EVALUACIÓN DE LOS BENEFICIOS ECONÓMICOS Y AMBIENTALES PARA LA ADECUADA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.	(Villalba y Cepeda 2018)
24	RESISTENCIA DE CONCRETO CON AGREGADO DE BLOQUE DE ARCILLA TRITURADO COMO REEMPLAZO DE AGREGADO GRUESO	(Moreno Anselmi, Ospina García y Rodríguez Polo 2019)
25	SUSTITUCIÓN EXPERIMENTAL DEL AGREGADO GRUESO DE ORIGEN PÉTREO, POR AGREGADO GRUESO PRODUCTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ, PARA LA ELABORACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO	(Palomino y Maldonado 2018)
26	THE ASSESSMENT OF CERAMIC AND MIXED RECYCLED AGGREGATES FOR HIGH STRENGTH AND LOW SHRINKAGE CONCRETES	(Etxeberria y Gonzalez-Corominas 2018)
27	A BRIEF STUDY ON THE STRENGTH PARAMETERS OF CONCRETE USING MARBLE SLURRY AND CERAMIC WASTE AGGREGATE AS PARTIAL SUBSTITUTION OF OPC-43 AND COARSE AGGREGATE	(Taak, Singh y Kumar Tiwary 2019)
28	ANÁLISIS TÉCNICO, ECONÓMICO Y MEDIOAMBIENTAL DE LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN CON POLIETILENO TEREFTALATO RECICLADO (PET)	(Infante-Alcalde y Valderrama-Ulloa 2019)
29	COMPORTAMIENTO DE UN CONCRETO ESPECIAL EXPERIMENTAL ELABORADO CON AGREGADOS RECICLADOS	(Atilano 2019)
30	DESEMPEÑO MECÁNICO Y DURABLE DE CONCRETOS QUE INCORPORAN AGREGADO RECICLADO FINO COMERCIAL	(Marcela y Galindo 2019)
31	EL CONCRETO CON ÁRIDO RECICLADO: UNA OPCIÓN DE MATERIAL PARA LA CONSTRUCCIÓN CON CRITERIO DE SOSTENIBILIDAD	(Melissa et al. 2019)

Fuente: Autor.

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

Tabla 10 Origen y tipo de información.

ID	AUTOR	AÑO	ORGANIZACIÓN	PAÍS	TIPO DE DOCUMENTO
1	Luz Katherine Cabrera Barboza	2015	Universidad Privada Del Norte	Perú	Tesis de grado
2	Carolina Mena Sanclemente, Yurany Valdes Castro	2015	Pontificia Universidad Javeriana	Colombia	Trabajo de grado
3	Herwin Eraso Valencia, Natalia Ramos Rojas	2015	Pontificia Universidad Javeriana	Colombia	Trabajo de grado
4	Pedro Enrique Matthey Centeno, Rafael Andrés Robayo Salazar, Julián Alejandro Torres Rico, Pavel Andrey Ramos Barragán, Silvio Delvasto Arjona	2015	Universidad Del Valle	Colombia	Artículo: informador técnico No. 79 ,2015
5	José Manuel Gutiérrez Moreno, Alejandro Mungaray Moctezuma, Michelle Hallack Alegría	2015	Universidad Autónoma De Baja California	México	Artículo: revista de la construcción vol. 4 No.2, 2015
6	Carlos Andrés Aparicio López	2015	Pontificia Universidad Javeriana	Colombia	Proyecto de grado
7	Iman M. Nikbin, Saman Rahimi R., Hamed Allahyari	2016	Islamic Azad University	Irán	Articulo: Construction and Building Materials vol, 121, 2016
8	N. Kisku, H. Joshi, M. Ansari	2016	Department Of Civil Engineering, Indian School Of Mines	India	Articulo: Construction and Building Materials , 2016
9	Sandra Elodia Ospina Lozano, Lucio Guillermo López Yépez, Jeinner Arley Carrillo Carrillo, Leidy Johanna Díaz Garzón	2016	Universidad De La Salle	Colombia	Artículo: revista infraestructura vial volumen 18 numero 31 julio 2016
10	Ing. Carlos Arnulfo Monje Lombo, Ing. Diego José Rodríguez	2016	Universidad Santo Tomas	Colombia	Trabajo de grado
11	Jesús Alberto Londoño Alarcón	2016	Pontificia Universidad Javeriana	Colombia	Tesis de grado
12	Darwin Humberto Mora Villota	2016	Universidad Nacional De Colombia	Colombia	Trabajo de grado
13	Annisa Dewanti Putri	2016	Beijing Jiaotong University	China	Articulo
14	Rawaz Kurda, Jorge De Brito, José D. Silvestre B	2017	Universidad De Lisboa	Lisboa	Articulo: Construction and Building Materials vol. 157, 2017
15	Juan Carlos Pérez Oyola Yeison Leonardo Arrieta Ballén	2017	Universidad Católica De Colombia	Colombia	Proyecto de grado
16	Chuncheng Zhou, Zongping Chen	2017	Guangxi University	China	Articulo: Construction and Building Materials 134, 2017

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

17	Amnon Katz, Daniele Kulisch	2017	Israel Institute Of Technology	Israel	Artículo: materials and structures vol. 50, no. 199, 2017
18	Jorge Alejandro Laverde Laverde, Nancy Torres Castellanos	2017	Escuela Colombiana De Ingeniería	Colombia	Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería, N.º 108 ISSN 0121-5132 Octubre-diciembre de 2017, pp. 15-23
19	Paula Catherine Rodríguez Reyes	2017	Universidad Católica De Colombia	Colombia	Trabajo de grado
20	Susana Gallón Martínez, Esperanza López Gómez, Carmenza García Restrepo	2018	Universidad De Antioquia	Colombia	Artículo : revista colombiana de materiales No .12, 2018
21	M. Farfán, E. Leonardo	2018	Universidad Cesar Vallejo	Perú	Artículo: revista ingeniería de construcción vol. 33 no.3 , 2018
22	Ing. Esp. Ana María Bravo German, Ing. Esp. Iván Daniel Bravo Gómez	2018	Pontificia Universidad Javeriana	Colombia	Trabajo de grado
23	Valeria Alejandra Villalba Gaviria, Edna Constanza Cepeda Sánchez, Omar Felipe Rodríguez Pérez, Diego Alexander Moreno Amaya	2018	Universidad Católica De Colombia	Colombia	Proyecto de grado
24	Luis Ángel Moreno Anselmi, Miguel Angel Ospina García, Kelly Andrea Rodríguez Polo	2018	Universidad Militar Nueva Granada	Colombia	Artículo: Ingeniare. Revista chilena de ingeniería vol. 27 No.4, 2019
25	Álvaro José Palomino Pinzón, Álvaro Camilo Maldonado Guinea	2018	Universidad Distrital Francisco José De Caldas	Colombia	Trabajo de grado
26	Miren Etxeberria, Andreu González	2018	Polytecnic University Of Catalonia	España	Artículo: materials and structures vol. 51, no. 129, 2018
27	Nileshwar Taak, Dr. Sandeep Singh, Aditya Kumar Tiwary	2019	Chandigarh University	India	Artículo : international journal of civil engineering and technology vol. 10, 2019
28	Josefina Infante Alcalde, Claudia Valderrama Ulloa	2019	Pontificia Universidad Católica De Chile	Chile	Artículo: información tecnológica vol. 30, 2019
29	Jesús Jair Atilano Pineda, Alfredo Cuevas Sandoval, Víctor Hugo Muñoz García, Norma Arroyo	2019	Universidad Autónoma De Guerrero	México	Artículo
30	Diana Marcela Burgos Galindo Álvaro Guzmán Aponte Nancy Torres Castellanos	2019	Escuela Colombiana De Ingeniería Julio Garavito	Colombia	Revista EIA, ISSN 1794-1237 / Año XVI / Volumen 16 / Edición N.32 / Julio-Diciembre 2019 / pp. 167-179
31	Andrea Melissa Flores Fernández, Aldo Josué Villafranca Castillo, Jorge Arturo Reconco Amaya	2019	Universidad Tecnológica Centroamericana	Honduras	Artículo - innovare , revista de ciencia y tecnología No. 8, 2019

Fuente: Autor.

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

Tabla 11 Información general de las condiciones experimentales de cada estudio.

ID	TIPO DE AGREGADO	MATERIAL RECICLADO	SISTEMA DE CURADO	VARIABLE EXPERIMENTAL	EDAD DE ENSAYO (DÍAS)
1	Grueso	Vidrio molido	Piscina de curado	Las proporciones al peso de la mezcla incluyen mezclas sin vidrio y con 5%, 10 %, 15%, 25% y 50 % de vidrio reciclado.	28
2	Grueso	Producto de demolición de concreto	Piscina de curado	Reemplazo porcentaje de agregado 0%, 25% 50% 100%	7,14 y 28
3	Fino	Caucho triturado	Piscina de curado	Reemplazo porcentaje de agregado 5%, 10% y 15%	7,14 y 28
4	Fino	Triturado de escombros de concreto	Piscina de curado	Reemplazo porcentaje de agregado 0%, 25% 50% 75% 100%	7 y 28
5	Grueso	Desechos concreto hidráulico hechos con piedra caliza natural	Piscina de curado	Reemplazo porcentual del 30% de agregados grueso por agregados reciclables	7 y 28 días
6	Fino	Escoria de cobre	Piscina de curado	Reemplazo porcentual de agregado fino convencional por escoria de cobre en porcentajes de 20% 30% y 40%	Edades de 7, 14 y 28 días
7	Fino	Cenizas residuales	Piscina de curado	Reemplazo porcentual: concretos con incorporación de 0% al 100%	3, 7, 14 y 28
8	Grueso	Residuos de demolición	Piscina de curado	Reemplazo porcentual: concretos con incorporación de 0% al 100%	3, 7, 14 y 28
9	Fino y grueso	Demolición de concreto y fibra de acero.	Piscina de curado	100% de agregados finos y gruesos y variación de porcentaje de fibras de acero 0%, 0.5%, 1.0%, 1.5%	28
10	Grueso	Producto triturado y tamizado de cilindros de concreto con tamaño máximo nomina 3/4"	Piscina de curado	Reemplazo porcentaje de agregado en mezcla 25% 50% y proceso de carbonatación	7 y 28
11	Grueso	Componentes provenientes de concretos y de agregado natural (teja, madera, PVC, papel, metal, ladrillo, guadua)	Piscina de curado	Reemplazo porcentual del 50% en agregado grueso reciclado	7 y 28
12	Grueso	Concreto y cerámico (ladrillos)	En bolsa y al aire	Reemplazo porcentaje de agregado 0%, 25% 50% 100%	7, 28 y 56
13	Fino y grueso	Producto de demolición de concreto	Piscina de curado	Reemplazo porcentaje de agregado	7,14 y 28
14	Fino/grueso	Cenizas y residuos de construcción	Piscina de curado	Reemplazo porcentual: concretos con incorporación de 0% al 100%	3, 7, 14 y 28
15	Fino y grueso	Caucho: desecho de llantas	Piscina de curado	Caucho molido provenientes de neumáticos en un peso de 5% del total de la mezcla con diferente tamaño de partícula (tamiz 30 fino a tamiz 10 grueso), reemplazando el agregado fino y grueso de la mezcla. Con relación agua/ cemento de 0,60	Edad de curado de 7 ,14, 21 y 28 días

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

16	Grueso	Residuos de construcción y demolición	Piscina de curado	Reemplazo porcentual: concretos con incorporación de 0% al 100%	3, 7 y 28
17	Fino	Residuos de construcción y demolición	Piscina de curado	Reemplazo porcentual: concretos con incorporación de 30% al 100%	3, 7 y 28
18	Grueso	Trituración de probetas de concreto	Piscina de curado	Reemplazo porcentual: contenidos de agregado reciclado (0 %, 25 %, 50 % y 100 %)	Edades de 3, 7, 28 y 90 días.
19	Fino y grueso	Residuos PET y escombros	Piscina de curado	Reemplazo porcentaje de agregado 50% y 100%	7, 14, y 21
20	Grueso	Residuos cerámicos de ladrillo de la industria tecnificada y dos de industria artesanal	Piscina de curado	Reemplazo porcentual Proporciones en peso de las mezclas de concreto para ensayo de compresión. 0%, 5% (0,331), 10% (0,662) y el 20% (1,324)	28
21	Fino	Caucho triturado	Piscina de curado	Reemplazo porcentaje de agregado 5%, 10% y 15%	7, 14 y 28
22	Fino/grueso	Adoquín triturado plaza municipio de Almaguer cauca	Piscina de curado	Reemplazo porcentaje de agregados 0% 50% y 100%	
23	Fino	Caucho: proveniente de llantas de automóviles desechadas	Piscina de curado	Reemplazo porcentual: el uso de grano de caucho reciclado en el diseño de una mezcla para concreto, con relevos del 10% y 30% para el volumen de agregado fino.	7, 14 y 28 días de fraguado
24	Grueso	Bloques de arcilla triturado	Piscina de curado	Reemplazo porcentaje de agregado 0%, 25% 50% 100%	28
25	Grueso	Producto de demolición de concreto	Piscina de curado	Reemplazo porcentaje de agregado 50%, 75% y 100%	7, 14 y 28
26	Fino y grueso	Productos de la demolición de cerámicos	Piscina de curado	Reemplazo porcentaje de agregado	7, 28, 180
27	Fino y grueso	Lodo de mármol y residuos cerámicos	Piscina de curado	Reemplazo porcentaje de agregado	7 y 28
28	Fino	Polietileno tereftalato (PET)	Piscina de curado	Reemplazo porcentaje de agregados 5%, 10% 15% y 20%	28
29	Grueso	Producto de demolición de concreto	Piscina de curado	Reemplazo total de agregado grueso	1, 3, 7, 14, 21 y 28
30	Fino	Materiales de construcción producto de la demolición	Piscina de curado	Reemplazo porcentual: concretos con incorporación de 20% y 40% de ARF (ARF20% y ARF40%, respectivamente)	Curado bajo agua de 28 y 90 días
31	Grueso	Partículas de adoquines, testigos, escombros concreto triturado	Piscina de curado	Reemplazo porcentual	28

Fuente: Autor.

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

Tabla 12 Resultado de interés en cada estudio seleccionado.

ID	RESULTADO
1	Comparación de adoquines de concreto y adoquines de vidrio reciclado, al adicionar el 50% de vidrio reciclado a la mezcla se incrementa el 4.09% la resistencia del adoquín. Se observa que al incrementarse el % de vidrio reciclado, el cual reemplaza al agregado grueso, la resistencia también se incrementa produciéndose una relación directamente proporcional. La resistencia a la compresión promedio de los adoquines fabricados sin vidrio son de 36.95 MPa (376.82 kg/cm ²), 36.67 MPa (373.93 kg/cm ²) y 36.73 MPa (374.53 kg/cm ²). Con estos valores hallados se cumple lo establecido en la norma NTP 399.611 de 33 MPa (340 kg/cm ²) para adoquines de tipo II de tráfico vehicular ligero. En el caso de adoquines con porcentaje de vidrio los valores del ensayo de resistencia a la compresión son de 33.58 MPa (342.42 kg/cm ²), 35.58 MPa (362.86 kg/cm ²) 37.06 MPa (377.94 kg/cm ²) 37.75 MPa (384.93 kg/cm ²) y 38.17 MPa (389.26 kg/cm ²). Con estos valores hallados se cumple en la mayoría lo establecido como mínimo en la norma NTP 399.611 de 33 MPa (kg/cm ²) para adoquines de tipo II de tráfico vehicular ligero.
2	La resistencia a la compresión disminuye a medida que se van reemplazando las cantidades de agregado natural por agregado reciclado los ensayos de resistencia a compresión de los diferentes diseños de concreto exponen que estos concretos no cumplen con las exigencias del manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito, el cual exige un valor mínimo de 38 kg/cm ² . No obstante los resultados indican un buen comportamiento para ser usado en obras viales de bajo tránsito como sardineles, estribos y andenes
3	La resistencia a compresión disminuyó significativamente respecto al concreto patrón de 15 MPa, esto debido a la baja adherencia que existe entre la pasta y el caucho al igual que ambas poseen características mecánicas diferentes
4	Es posible sustituir el 100 % de arena natural por agregado fino reciclado para fabricar paneles de ferrocemento pues alcanzan una ganancia de 7.3% en la resistencia a la compresión frente a los hechos solo con arena natural. Se debe principalmente a que los finos provenientes de escombros forman una matriz con mayor adherencia debido a la rehidratación del cemento contenido en este, lo cual proporciona sitios de nucleación para la formación de nuevos productos de hidratación, lo que sugiere que la adición de finos de escombros reciclados contribuye al desarrollo de propiedades mecánicas (Florea, 2013) (Lotfy y Al-Fayez, 2015; Ledesma, E.F. et al, 2014; Jiménez, J.R. et al, 2013).
5	A los 7 días, el concreto hidráulico alcanza entre el 60% y el 70% de la resistencia total que puede alcanzar durante su vida útil. La resistencia del 70% es muy similar a la registrada cuando la prueba se realiza a los 28 días de edad, en el caso de los cilindros naturales ya había alcanzado el 60% de la resistencia promedio requerida en el diseño de mezcla de referencia igual a 295 kg/cm ² . Los cilindros de hormigón reciclado alcanzaron poco más del 50% de la resistencia de diseño de la mezcla de referencia. En este caso, ambos tipos de mezclas de concreto no mostraron una dispersión significativa entre los ensayos. Acerca de las pruebas de muestras a los 28 días, todas alcanzaron la resistencia esperada de kg/cm ² , y algunas alcanzaron valores aún más altos, 300 kg/cm ² , que es el valor máximo alcanzado con los cilindros de concreto reciclado. Los cilindros de concreto reciclado obtuvieron solo una ventaja de aproximadamente 6% en resistencia que los cilindros de concreto natural. Estos resultados tienen un intervalo de confianza de 93.5% para muestras naturales y 90.3% para las recicladas, por lo que el comportamiento descrito de las mezclas es similar entre los dos grupos.
6	Los resultados experimentales muestran que la mezcla de concreto hecha utilizando 70% de agregado fino y 30% de agregado grueso, reporta valores de resistencia alta de hasta 40,7 MPa. Por su parte, el concreto obtenido al mezclar 20% de escoria de cobre, 30% de agregado fino y 50% de agregado grueso reporto valores de resistencia del 8% menor.
7	Reemplazar hasta el 100% del agregado con BA resultó en un módulo de elasticidad, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y reducción de la resistencia a la rotura por tracción de aproximadamente 25%, 25%, 27% y 20%, respectivamente
8	La resistencia a la compresión del concreto es la propiedad más efectiva del concreto endurecido que influye en la resistencia, durabilidad y desempeño del concreto. Las propiedades de RAC dependían de muchos factores, como la relación de aglutinante de agua, las diferentes propiedades de los RA, las propiedades del mortero adherido, el enfoque de mezcla y las propiedades de los aditivos utilizados. Se ha establecido en la literatura que el aumento en la cantidad de RA en la misma relación w / c conduce a una disminución en la resistencia a la compresión, generalmente hasta un 10% más baja que la del concreto agregado virgen

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

9	La disminución en la resistencia es atribuida a la sustitución del agregado de origen natural por el concreto reciclado, ya que los resultados dependen de la resistencia del concreto original que haya sido reciclado (Rammamurthy & Gumaste, 1998) (Neha, 2013) de igual forma, esto también se ajusta a lo expresado por el comité ACI 555 el cual expone que la resistencia a compresión de concretos elaborados con agregados reciclados, tiene reducciones de un 15 - 40% comparada con los concretos de agregado natural (Committe ACI 555, 2001). Como resultado de la investigación, se encontró que se puede realizar un diseño de mezcla tradicional de concreto con un factor de disminución en resistencia que oscila entre el 50% al 75% de la resistencia esperada
10	El proceso de carbonatación acelerada en agregados reciclados de concreto con tamaño máximo de ¾" mejora algunas características respecto al no carbonatado las mezclas de concreto con 100% áridos reciclados de concreto carbonatados óptimos cumplen los requerimientos estipulados en las especificaciones generales de construcción para carreteras INVIAS 2013, en lo referente a asentamientos, resistencia a la compresión medidos a 7 y 28 días, la resistencia a la compresión observada es similar a la del concreto convencional, esto debido a que los agregados secos son porosos, el agua se elimina de la mezcla y la relación a/c efectiva se hace más baja, lo que aumenta la rigidez de la mezcla y la resistencia mecánica. En los casos de un remplazo del 100 % se obtuvo una ganancia en resistencia a la compresión a los 7 y 28 días debido a la calidad de origen del concreto reciclado la ganancia promedio es de 15% a los 7 días y del 19% a los 28 días
11	Por características de resistencia a compresión a los 28 días, estas mezclas podrían ser utilizadas en algunas aplicaciones estructurales, pues los resultados aquí obtenidos (entre 27,73 y 35,23 MPa) se asemejan a los de Pepe et al., (2014) en reciente estudio (27,50 MPa), que tenía por objeto analizar el uso de agregado grueso reciclado en el concreto estructural en condiciones similares de cemento utilizado (Portland de alta resistencia a edades tempranas), arena natural, uso de aditivos (supe plastificante: Glenium 51) y relación a/c (0,53) y con un nivel de reemplazo del agregado grueso natural por agregado reciclado (4,75/19 mm) del 50%.
12	Frente a una muestra patrón construida según la granulometría y disposiciones de la NSR10 para ensayos de compresión se obtuvo: en mezclas donde se reemplace el 100% del agregado grueso por concreto reciclado (CO) o cerámicos reciclados (CE) como ladrillos disminuye la Trabajabilidad El remplazo de agregado en un rango superior al 50% e inferior al 100% realizando un curado con bolsas plásticas a una edad de falla de 28 días obtuvieron una ganancia en resistencia a la compresión frente a la muestra patrón siendo esta ganancia superior en los reemplazos con (CO) que con reemplazos de (CE) SE RECOMIENDO PARA USO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES CON TOTAL ATENCION AL CURADO CON PLASTICO Y CONTROL DE VARIABLES ESPECIFICAS DE ABSORCION DE AGUA Y SATURACION ASI COMO LOS PESOS ESPECIFICOS.
13	Los resultados experimentales sobre la resistencia a la compresión, indicaron que se puede utilizar un agregado reciclado de buena calidad (es decir, bajo contenido de mortero unido y valor de absorción de agua, alto valor de finos del 10%) para reemplazar completamente el Agregado natural para producir concreto con propiedades mecánicas comparable al concreto que se hace con agregados naturales
14	La revisión de la literatura, el uso de hasta el 30% de RCA no afecta significativamente las propiedades del concreto. Esté límites se pueden aumentar para mezclas de concreto con la incorporación de FA y RCA, especialmente después de 90 días, es decir, la diferencia entre la resistencia a la compresión a los 90 días de una mezcla de concreto convencional y concreto hecho con aproximadamente 50% de RCA y 50% de FA no son significativos y, en la mayoría de los casos, se clasificarán en la misma clase de fuerza; Reemplazar el 100% de NA con RCA es perjudicial en términos de resistencia a la penetración de iones de cloruro, pero esta tendencia puede revertirse incorporando el 20% de FA. Para una incorporación de FA superior al 35%, Se puede obtener una baja permeabilidad y una excelente tasa de penetración de iones de cloruro del concreto RCA, que también proporciona la vida útil requerida para las estructuras de concreto.
15	Con el ensayo de la resistencia a compresión la disminución fue considerable respecto al concreto tradicional, esto debido a la porosidad que se origina en la muestras con adicción de caucho reciclado, además a la baja adherencia que existe entre la pasta de concreto y el caucho este último a su baja absorción de agua no se entrelaza lo suficiente a la mescla en estado fresco. La mezcla que presento mejor resultado con respecto a la resistencia a compresión fue C30%/70% la cual posee más reemplazo de caucho fino por agregado fino, con un valor de 2244 Psi un 39% menos que la mezcla tradicional a sus 28 días de edad, así mismo el compuesto concreto-caucho presenta una diversidad de sus agregados, no se presentó segregación del agregado y el caucho se distribuyó casi uniformemente en todos los compuestos analizados.
16	La resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión de los concretos con rocas reciclados (RCA) son comparable e incluso excedió el concreto convencional. Todos tienen una tendencia a aumentar con el incremento de porcentaje de reemplazo debido a la absorción mucho mayor de RCA que está mejorando la resistencia de la unión entre el agregado y el cemento en el mismo proceso de mezcla y compactación.

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

17	Se identificaron reducciones en la resistencia a la compresión menores en los rangos de reemplazo por encima del 30% que aumentaban con el mayor porcentaje de reemplazo alcanzando reducciones de 20% y 35 % al usar solo agregado reciclado estos resultado están ligados a la relación agua/cemento en los ensayos cuya relación es mayor menor es la perdida de resistencia a la compresión.
18	Los resultados de los ensayos indicaron claramente que en las mezclas con mayor porcentaje de agregado reciclado, los resultados del módulo de elasticidad y la resistencia a la compresión son más bajos que para concretos con agregado natural. La resistencia a la compresión de un concreto con 100 % de ACR tiene una reducción estimada del 20 al 25 %, con respecto a un concreto convencional. El porcentaje de disminución de la resistencia a la compresión a la edad de 28 días de las mezclas ACR2-25%, ACR3-50% y ACR4-100% con respecto a la mezcla AN1-0% fue de 9,57, 12,35 y 32,16 %. Se hicieron s hicieron mezclas de concreto con porcentajes de 0, 25, 50 y 100 % de remplazo de agregado natural por ACR, encontrando que la resistencia a la compresión de mezclas con un 100 % de ACR tenían una reducción con respecto a la mezcla de control del 20 al 25 %.
19	Se pudo observar que la resistencia a la compresión f_c es indirectamente proporcional al porcentaje de reemplazo de desechos sólidos inorgánicos en la matriz de concreto. Lo anterior quiere decir que, a mayor reemplazo de desechos sólidos inorgánicos, las muestras alcanzan una resistencia a la compresión ultima f_c menor.
20	Los resultado respecto a la resistencia a la compresión para las diferentes mezclas que se hicieron se observa que la resistencia que exhiben las mezclas al 5%, 10% y el 20% que se usaron con la muestra de agregado reciclado, que corresponden a concretos con alguna proporción de agregado reciclado de ladrillo, presentan una disminución respecto a la mezcla patrón, elaborada con agregados totalmente naturales. Sin embargo, el porcentaje de variación respecto a la mezcla de referencia esta entre un 11,2 y 23,2%, valores cercanos a los de un concreto convencional.
21	El porcentaje óptimo de caucho reciclado para lograr la resistencia máxima a la compresión del concreto (218.452 kg/cm^2) es del 5%, a los 28 días. Es factible utilizar caucho reciclado en combinación con aditivo plastificante para recuperar significativamente la resistencia mecánica hasta en un 10%, además contribuye a disminuir los efectos negativos que generan los desechos de caucho en el medio ambiente. La resistencia a la compresión se ve afectada por el reemplazo de agregado natural por agregado de caucho de neumáticos en desuso, con una reducción de aproximadamente 12% para una proporción de reemplazo del 15%.
22	Los resultados muestran que un remplazo del 50% del agregado fino y un 50% del agregado grueso por separado logran cumplir con la resistencia requerida por la NTC-2017 para la fabricación de nuevos adoquines, en los remplazos combinados no se logró obtener resultados favorables pues se evidencia una reducción entre el 30 % y 25 % por debajo del mínimo permitido por la normativa
23	Los resultados de las pruebas realizadas a los dos tipos de mezcla, que buscaban el relevo de arena del 10% y el 30% respectivamente, mostraron que la mezcla que sustituyó el 10% de fino, alcanzo la resistencia de diseño de 21MPa a la edad de los 28 días y en comparación con el comportamiento de un concreto convencional, se determinó una diferencia en la resistencia por debajo del 3%. Por lo tanto el uso de caucho granulado en mezclas para concreto con un volumen de sustitución del 10%, es factible, mas sin embargo se requieren estudios adicionales para evaluar su comportamiento a la tracción y la flexión. De manera homologa se concluyó que el reemplazo del 30% de fino con caucho granulado no satisface el comportamiento a la compresión requerido, de manera que, no se recomiendan sustituciones iguales o mayores a este porcentaje
24	Se recomienda limitar el porcentaje de reemplazo de agregado grueso entre el 25% al 50% para no tener pérdidas considerables de resistencia del concreto. En casos de remplazo del 100% del agregado grueso se experimenta una reducción promedio del 30% en la resistencia a la compresión. Se mejora la porosidad y permeabilidad que brinda una mayor protección en ambientes con presencia de cloruros

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

25	<p>De acuerdo a los resultados obtenidos, se establece que la mezcla más indicada para usar es la que tiene la sustitución del 100% de agregado grueso de RCD en condiciones de saturación siempre que solo se analice la resistencia obtenida a compresión, debido a que esta mezcla presenta la resistencia a la compresión más alta que la muestra patrón con uso de agregado de origen natural, a su vez es más económica como lo determino los costos de producción a raíz del análisis de precios unitarios realizados en la presente investigación, haciendo de esta una mezcla indicada para la elaboración de estructuras de concreto hidráulico con resistencias de 21 MPa. Se debe tener cuidado al momento de trabajar con diferentes tipos de agregado, esto debido a que al utilizar como sustitución material RCD en proporción del 50% genera un beneficio económico comparado con la dosificación usada cuando se utiliza solamente agregado de origen natural pero su comportamiento mecánico no es el esperado; generando así que no sea una dosificación viable al momento de producir concreto hidráulico. Después de revisar diferentes investigaciones con uso de RCD en concretos hidráulicos y con los resultados obtenidos se establece que saturar los agregados gruesos productos de RCD, aparentemente disminuyen el contenido de material adherido mejorando significativamente las propiedades mecánicas del concreto como lo son la resistencia a flexión al mejorar la adherencia de las partículas, además de poder observar una mejora en la resistencia a la compresión de las mezclas de concreto hidráulico donde se sustituye en cantidades superiores el agregado natural por agregado de RCD y se obtienen valores satisfactorios.</p>
26	<p>El concreto producido con un máximo de 30% de agregado cerámico fino redujo la capacidad de adsorción lo que aumenta la durabilidad y la resistencia a cloruros junto con la resistencia a la compresión a los 7, 28 y 180 días con respecto a un concreto común con agregados naturales</p>
27	<p>Se observó que la resistencia del hormigón que contiene lechada de mármol y cerámica tiende a disminuir en más del 20% de sustitución de la lechada de mármol y 20% de sustitución de residuos cerámicos y proporciona resultados satisfactorios por debajo de ese nivel.</p>
28	<p>Según los resultados obtenidos se evidencia un pérdida en la resistencia a la compresión entre 8 % y 20% respecto a una muestra patrón sin reemplazos lo cual no representa un valor significativo ya que la norma chilena vigente exige un mínimo de resistencia de 7 MPa y a pesar de esta reducción de resistencia los especímenes soportan una media de 20 MPa lo cual permite su uso en bloques no estructurales</p>
29	<p>De acuerdo a lo resultados se puede deducir que es factible el uso de agregados reciclados para general nuevos concretos ya que logran cumplir con los parámetros establecidos por las normas vigentes alcanzando una resistencia a la compresión a los 28 días aceptable para estas regulaciones</p>
30	<p>Las resistencias a compresión de los concretos que contienen ARF a las diferentes edades evaluadas (28 y 90 días), fueron similares a la del concreto referencia. A los 28 días de curado los CARF20 y CARF40 alcanzaron valores de resistencias del 97% y 94% la resistencia del CARF0, respectivamente; mientras que a los 90 días de curado alcanzaron valores del 98% y 97%, respectivamente</p>
31	<p>Se realizó estudio de casos-contrroles, con diseño experimental. Se diseñó dos mezclas de control y tres mezclas utilizando RCD como agregado grueso siendo sustituidos: el 100% del tamaño máximo nominal, el 35% de agregado grueso y el 100% de agregado grueso. La muestra contó con 36 testigos de concreto, de los cuales 18 eran cilíndricos de 6" de base por 12" de altura puestos a prueba de compresión bajo la normativa ASTM-C39 y 18 prismáticos de 6"x6"x21" evaluados a flexión. La mezcla con 100% de sustitución es óptima, ya que cumple con propiedades físicas y mecánicas. Este tipo de concreto tiene criterio de sostenibilidad con potencial de protección al medioambiente.</p>

Fuente: Autor.

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

9.3. ANALISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS.

Al ser terminada la etapa de la revisión documental queda para el estudio 31 documentos entre tesis, trabajos de grado y artículos de diversos niveles y publicaciones en su mayoría no están centrados únicamente en el comportamiento de la resistencia a la compresión que tiene un concreto que usa agregados reciclados ya que analizan en conjunto el comportamiento mecánico y la caracterización del producto final. Se evidencia ensayos de tensión, flexión, módulo de elasticidad, penetración de cloruro, adsorción de agua, etc. Con la finalidad de abarcar la mayoría de las variables disponibles para ser analizadas.

En la mayoría de estudios se aborda la investigación desde un punto de vista experimental que inicia con el diseño de una mezcla según la normativa vigente en cada país donde se ejecuta el ensayo que gracias a la estandarización internacional resulta en un método muy similar en todos los lugares. Comienza con la selección y caracterización de los agregados finos y gruesos tanto naturales como reciclados. Los agregados reciclados por lo general provienen de desechos de la construcción y demoliciones como concreto, bloques y ladrillos, aunque en alguno de las investigaciones usaron agregados provenientes de otras fuentes como caucho triturado de llantas usadas, PET, vidrios molidos, cenizas, lodos, polvos de algunas industrias como la del mármol y las siderúrgicas de fuentes naturales producidas por industrias agrícolas. Posteriormente se escoge una resistencia a la compresión objetivo o diseño ($f'c$) para controlar las variables necesarias como contenido de humedad, relación agua/cemento (a/c), etc. Todo lo establecido en la normativa en el caso de Colombia según lo dispuesto en la Norma Técnica Colombiana (**ver numeral 5.2.1.1 Métodos de muestreo y ensayo**), en los estudios seleccionados se utiliza una relación a/c que varía entre 0.4 y 0.6 y un $f'c$ de diseño de 20 MPa la que sería una resistencia de un concreto de uso común (**ver numeral 5.1 Concreto**), con la finalidad de lograr un diseño de mezcla que pueda cumplir con esa resistencia. Posteriormente se construye una muestra patrón o de referencia con la cual se compara los resultados a obtener con otras muestras elaboradas con él una mezcla parecida a la de referencia donde se reemplazan un porcentaje parcial o total de alguno de los agregados fino y grueso por el material reciclado escogido.

Estos cuerpos de ensayo o especímenes pasan la etapa de fraguado sumergidos en agua en una piscina de curado a excepción de una investigación que ponía a prueba los métodos de curado y usaron bolsa plásticas para cubrir los especímenes y dejando otros fraguar al aire.

A determinado tiempo se ensayan los cilindros y se determina la resistencia la compresión que obtienen a diferentes edades de fraguado por lo generar se hicieron ensayos a los 7,

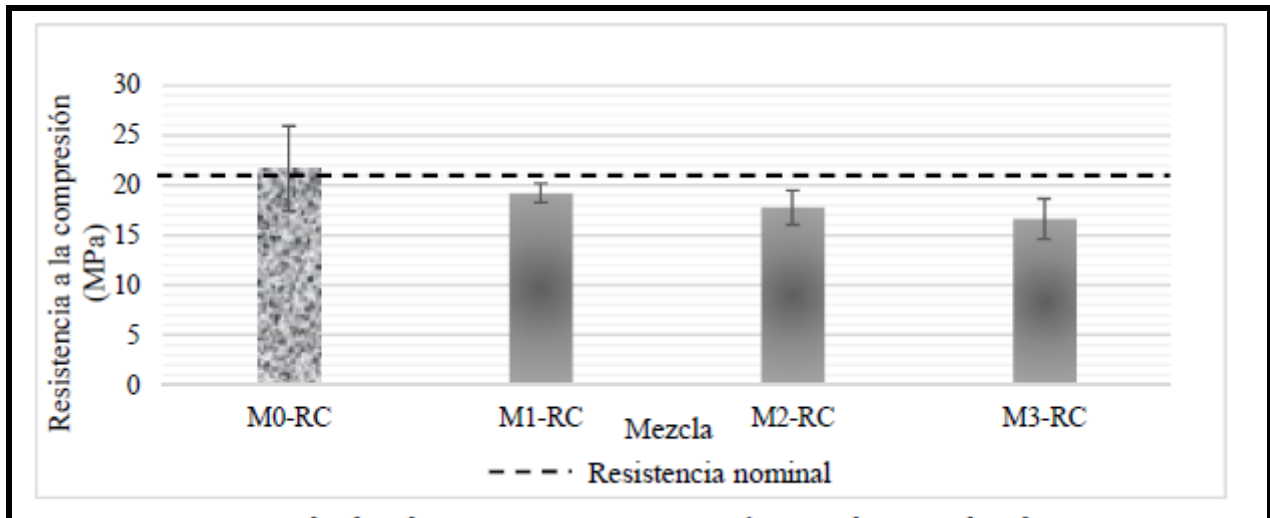
REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

14 y 28 días y se compara los resultados obtenidos con los resultados alcanzados por el cilindro de referencia.

A continuación se presentan algunos de los resultados experimentales de las investigaciones seleccionadas.

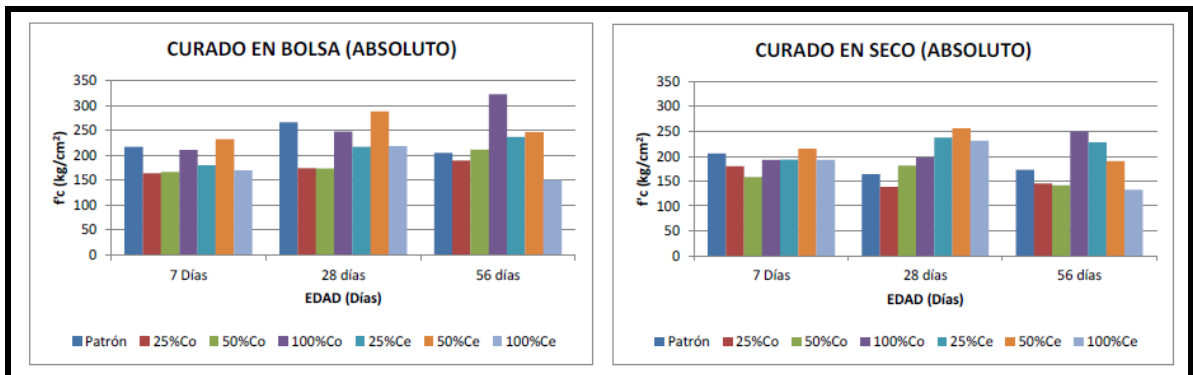
Figura 4 Resultado para resistencia a la compresión en unas mezclas con sustitución del 5%, 10%, y 20% de la fracción grueso con residuos de ladrillo triturado.



Fuente: (Gallon 2018).

UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia

Figura 5 Resultados absolutos de la resistencia a la compresión según tipo de curado.

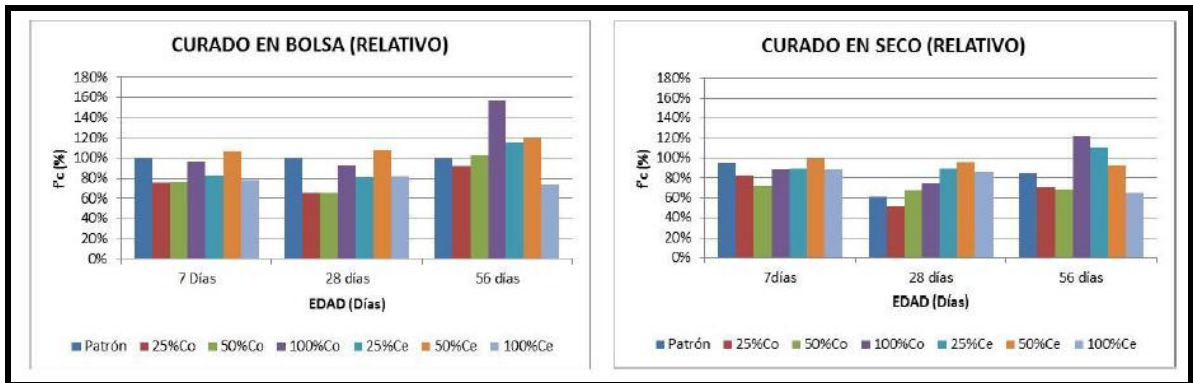


Fuente: (Mora Villota 2016).

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

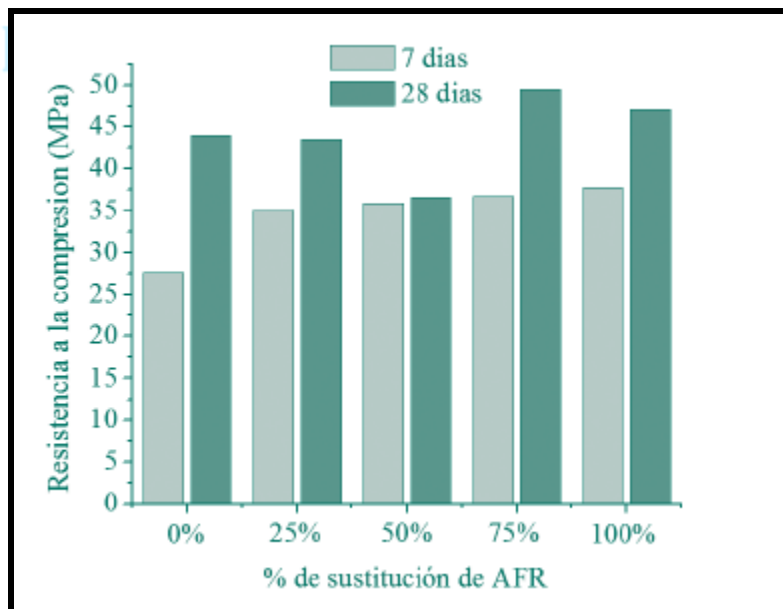
CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

Figura 6 Resultados relativos de la resistencia a la compresión según tipo de curado.



Fuente: (Mora Villota 2016).

Figura 7 Resultados de la resistencia a compresión de mezclas con concreto reciclado en sustitución del 25%, 50%, 75%, y 100% a los 7 y 28 días de curado.



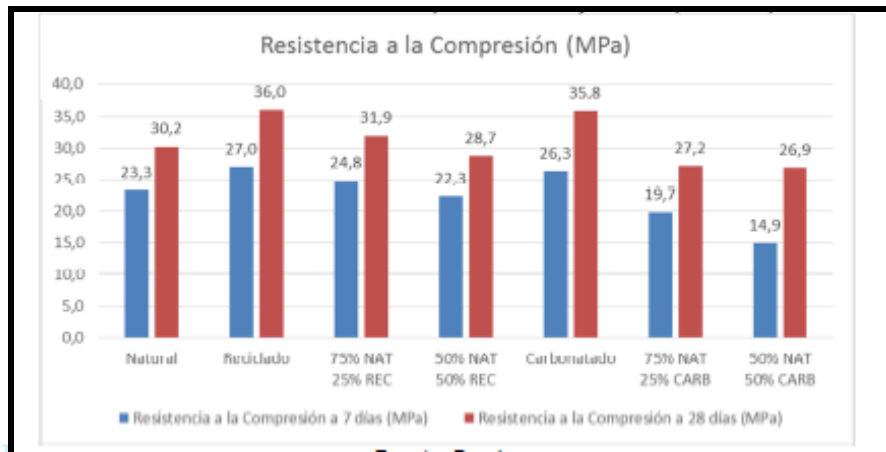
Fuente: (Mattey Centeno et al. 2015).

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

Figura 8 Resultados resistencia a la compresión de concretos con porcentaje de reemplazo del 0%, 25%, 50% y 100% de la fracción gruesa natural por agregado de concreto reciclado tratado y sin tratar con proceso de carbonatación a los 7 y 28 días de curado.

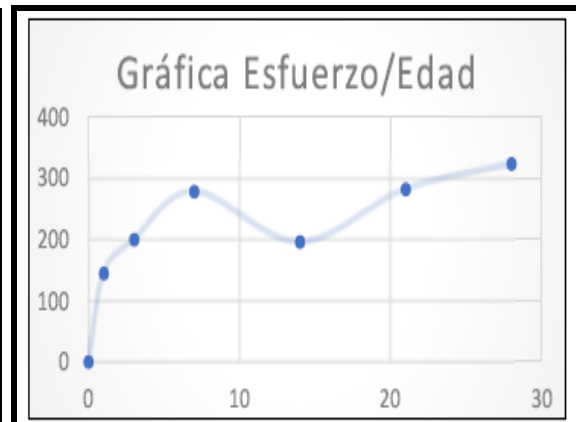
Resistencia a la Compresión (MPa)	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5	Tipo 6	Tipo 7
	Natural	Reciclado	75% NAT 25% REC	50% NAT 50% REC	Carbonatado	75% NAT 25% CARB	50% NAT 50% CARB
Resistencia a la Compresión 7 días (MPa)	23,3	27,0	24,8	22,3	26,3	19,7	14,9
Resistencia a la Compresión 28 días (MPa)	30,2	36,0	31,9	28,7	35,8	27,2	26,9



Fuente: (Monje Lombo y Rodríguez Villareal 2016).

Figura 9 Resultados promedio de la resistencia a la compresión en especímenes elaborados con agregado reciclados en comparación con la edad de falla.

Edad (Días)	Especímen	Resistencia A Compresión kg/cm ²	Promedio kg/cm ²
1	CR-123-C1	149.17	145.315
	CR-123-C10	141.46	
3	CR-123-C9	202.81	200.005
	CR-123-C6	197.20	
7	CR-123-C3	272.65	279.125
	CR-123-C2	285.60	
14	CR-123-C4	215.43	195.94
	CR-123-C7	176.45	
21	CR-123-C5	302.74	282.46
	CR-123-C8	262.18	
28	CR-123-C11	323.65	323.65

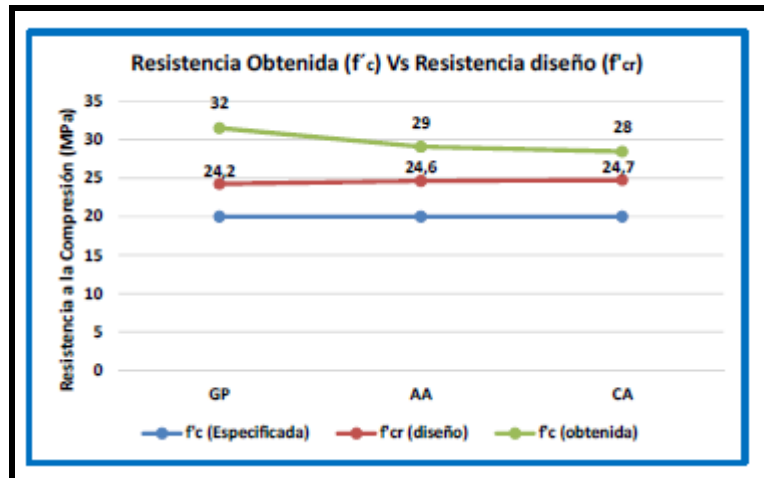


Fuente: (Atilano 2019).

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

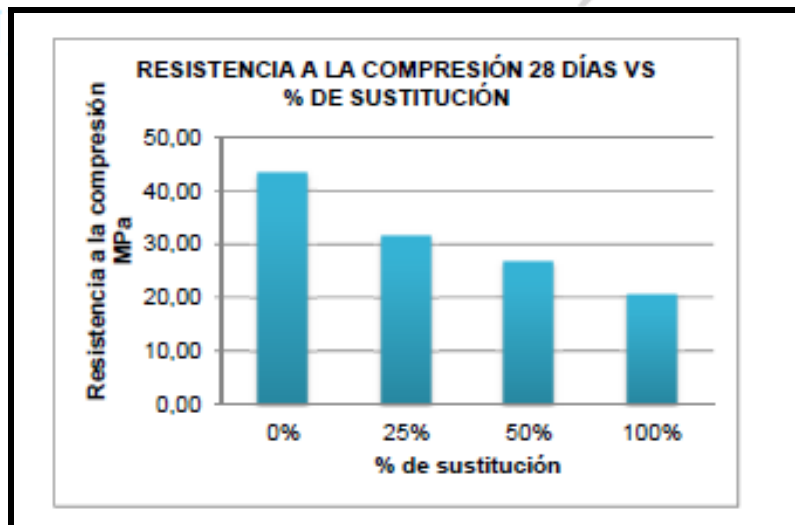
CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

Figura 10 Resultado de resistencia a la compresión obtenida por concretos fabricados con áridos reciclados provenientes de escombros de 3 fuentes diferentes (GP, AA, CA).



Fuente: (Londoño 2016).

Figura 11 Resultado de resistencia a compresión obtenida por concretos elaborados con áridos reutilizados de construcción en la ciudad de Cali.

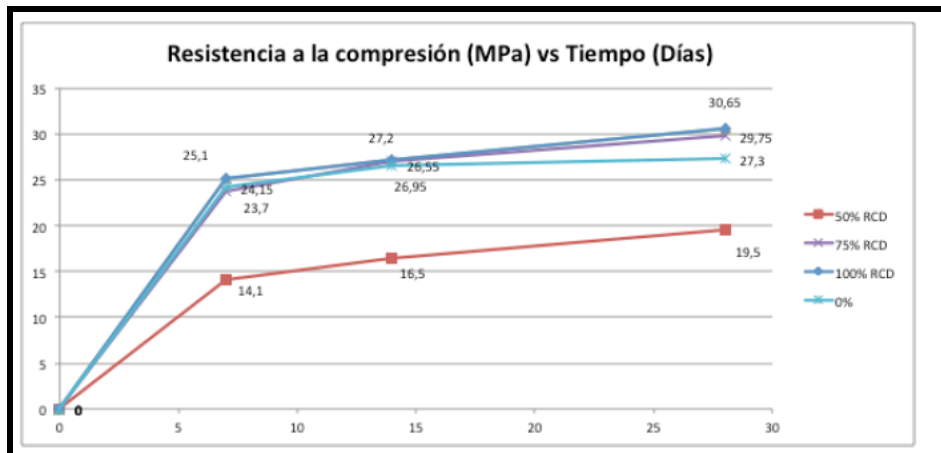


Fuente: (Mena y Valdes 2015).

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

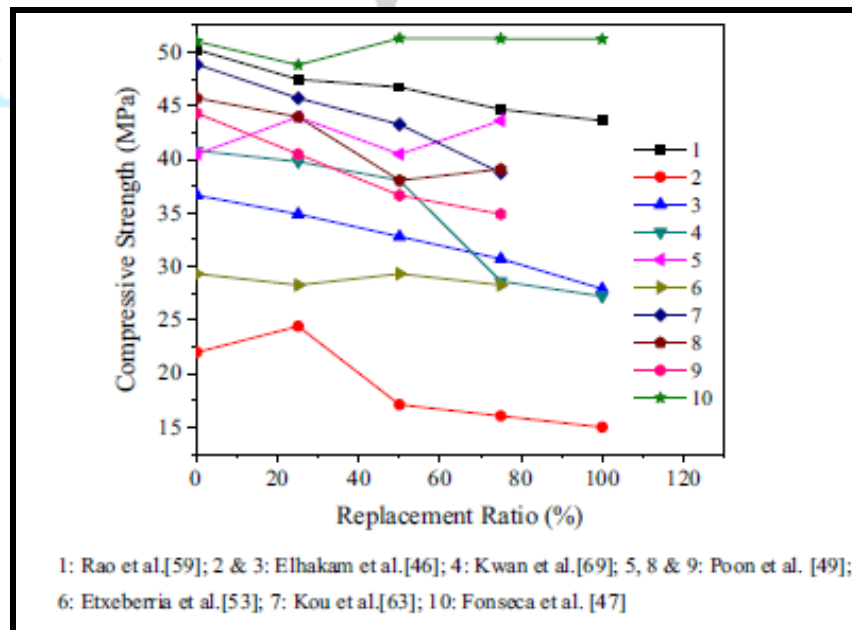
CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

Figura 12 Resultado para la resistencia a compresión ganada por concretos elaborados con agregados seleccionados de residuos de construcción en la ciudad de Bogotá con respecto al tiempo de curado.



Fuente: (Palomino y Maldonado 2018).

Figura 13 Resultados de diferentes investigaciones de concretos elaborados con agregados producidos con residuos de concretos reciclados



Fuente: (Kisku et al. 2017) (Meesala, Bhattacharyya y Barai 2011) (Elhakam, Abd Elmoaty y Awad 2012) (Kwan et al. 2011) (Kou y Poon 2012) (Poon et al. 2004).

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

Figura 14 Resultados de diferentes investigaciones de la resistencia a la compresión de concretos elaborados con agregados producidos con residuos de demolición.

Investigador	Contenido de cemento [kg/m ³]	Relación A/C Patrón/RAC	Tipo de cemento	% de reemplazo de agregado grueso	f_c^* [MPa]	f_c^{**} [MPa]
Aliabdo <i>et al.</i> , 2014	250	0,70/0,70	Cemento Portland CEM-I 42,5N (ASTM Tipo I)	25, 50, 75 y 100	22,0	16,0
	350	0,5/0,50			34,0	22,5
Adamson <i>et al.</i> 2015	No reportado	0,42/NA	Uso General o Tipo I	25 y 50	46,0	N/A
Debieb and Kenai 2008	350	0,60/0,57	Uso General o Tipo CEM I-32,5	25, 50, 75 y 100	30,0	21,5
Kallak 2009	250	0,47/0,75	Cemento Portland (f_c a los 3 días de 23,8 MPa)	25, 50, 75 y 100	30,0	3,2
Cabral <i>et al.</i> 2010	430***	0,46/0,46	Cemento Portland (f_c a los 3 días de 39,5 MPa)	50, 100	46,0	30,5
		0,60/0,60			35,0	23,5
		0,74/0,74			27,0	17,5
Yang <i>et al.</i> 2011	435	0,47/0,47	Cemento Portland Ordinario CEM I BS EN 197-1	50	54,7	N/A
Ahmad & Roy 2011	314***	0,58/0,55	Cemento Portland Ordinario (Tipo I)	100	17,7	18,6
	431***	0,38/0,37		100	30,2	28,6
Perez-Rojas 2012	250***	0,5/0,5	Cemento Portland Tipo I (Argos)	10, 20 y 30	24,9	N/A

* de concreto patrón (28 días). (N/A = No aplica).
 ** de concreto con 100% de reemplazo del agregado grueso (28 días).
 *** Approximate value based on design mix described by authors.

Fuente: (Moreno Anselmi, Ospina García y Rodríguez Polo 2019) (Aliabdo, Abd-Elmoaty y Hassan 2014) (Adamson, Razmjoo y Poursaee 2015)(Debieb y Kenai 2008) (S. Kallak 2009) (Cabral et al. 2010) (Yang, Du y Bao 2011) (Syed Ishtiaq y Sushanta 2011).

En comparación todas las investigaciones seleccionadas para este estudio siguen la misma línea de comprobación experimental enfrentando los resultados obtenidos por los concretos con reemplazo de agregado con los fabricados con agregados naturales y evaluando la ganancia o pérdida con respecto a una resistencia de diseño determinada.

Pese a que todos los estudios varían por las diferentes variables tomadas en cuenta por cada autor su resultado llega a una zona común respecto al comportamiento del concreto que usa agregados reciclados en su composición.

9.4. IMPACTO SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN POR EL ESO DE AGREGADOS RECICLADOS.

En esta etapa del estudio es pertinente recordar la pregunta que dio origen a esta investigación: *¿Cuál es el impacto sobre la resistencia a la compresión que genera sustituir los agregados naturales por agregados reciclados para concretos colombianos.*

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

Para determinar el impacto sobre la resistencia a la compresión se consideró los resultados obtenidos por las investigaciones seleccionadas, donde se detecta una conexión entre la ganancia y la pérdida de resistencia con el porcentaje y tipo de agregado que se reemplaza, se determinó:

- Para un 70% de las investigaciones revisadas para reemplazos de hasta un 30% del agregado grueso por agregado reciclado proveniente de desechos de demolición es decir que se encuentran trozos de bloque, ladrillo, mortero el concreto se comporta de forma similar a un concreto común alcanzando la resistencia de diseño la cual se fijó en la mayoría de estudios en 20 MPa, encontrando mejoras en la capacidad de adsorción del agregado y mejor comportamiento a los cloruros.
- En reemplazos superiores al 30% con agregados de demolición se obtiene resistencias que pueden disminuir entre un 20% y 30% en los casos donde se reemplazó el 100% del agregado, esto se debe a la presencia del mortero viejo adherido al agregado que impide el correcto cubrimiento de las fracción gruesa por el cemento este efecto también se experimenta con el reemplazo del 100% del agregado fino.
- Un 10% de las investigaciones evaluadas experimentó con reemplazos del 100% del agregado grueso por agregado reciclado proveniente de concreto triturado de alta calidad cuidadosamente seleccionado y preparado en este caso se logró incrementar la resistencia compresión en un promedio de 27% al 32% de la resistencia de diseño.
- El 20% de los estudios experimento con el uso de otro tipo de desechos proveniente de otras industrias como la agrícola y la siderúrgica convertidas en cenizas para reemplazar el agregado fino en estos casos se registró una disminución de la resistencia pero se encontraron mejoras en la plasticidad y Trabajabilidad de la mezcla en estado fresco.
- Aunque no es un impacto directo a la resistencia a la compresión en la mayoría de estudio se manifiesta un efecto adverso al hacer reemplazos por encima del 50% del agregado grueso por agregado reciclado bien sea de demolición o de concreto pues por lo general tiene una porosidad mayor que los agregados naturales mayormente si hay presencia de morteros en los agregados esto ocasiona una mayor adsorción de humedad lo cual reseca la mezcla durante el proceso de mezclado dificultando su manejo.
- Dentro del 20% de estudios que experimentaron con otros tipos de agregados se encontró resultados con el uso de caucho triturado proveniente de llantas usadas como reemplazo para el agregado grueso, en otras investigaciones se utilizó residuos PET y vidrio molido como reemplazo del agregado fino cuyo resultado fue similar ya que en remplazos superiores al 25% ocasionaban disminución de la

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

resistencia a la compresión de los especímenes de prueba los cuales no alcanzaban la resistencia de diseño.

- En el total de investigaciones estudiadas hicieron ensayos en diferentes edades de curado fallando cilindros a los 7, 14 y 28 días, en un porcentaje pequeño se realizaron fallas en edades más avanzadas. Esto permite evaluar el comportamiento de la resistencia a compresión a través del tiempo encontrando que los agregados reciclados provenientes de concreto y en porcentajes de reemplazo por encima del 50% alcanza y en algunos casos sobre pasa la resistencia de diseño o de referencia en los primeros 7 días de curado y sigue aumentando después del día 28, para los casos donde el agregado proviene de residuos de demolición o contiene elementos cerámicos o de arcilla (bloques y ladrillos) en porcentajes de reemplazo por encima del 30% del agregado grueso natural no alcanzan la resistencia de diseño en los primeros 7 días pero la ganancia continua con el tiempo y en algunos casos logra alcanzar y superar la resistencia de referencia después del día 28 de curado.

9.5. RECOMENDACIÓN SOBRE EL USO DE CONCRETOS RECICLADOS.

Observando el panorama nacional de la industria de la construcción el cual va en aumento y el manejo que tiene de los residuos que produce los cuales en la mayoría de los casos y ciudades tiene un manejo poco adecuado ya que la disposición final de estos en lo general es un relleno o escombrera lo cual impacta negativamente de forma directa e indirecta el medio ambiente y el paisaje pues el depósito de este material modifica la zona donde se realiza y la constante demanda de agregados dispara la extracción de materiales naturales diezma los recursos existentes generando deforestación y erosión pues se realiza a través de minería a cielo abierto. En estas condiciones el uso de agregados reciclados es beneficioso para la industria y el país pues abarata los costos de producción reduciendo el pago de transporte de agregados naturales, reduciendo el consumo de energía por la extracción y procesamiento, aumentando la preservación del medio ambiente. Esta idea tiene que enfrentarse con un inconveniente de implementación ya que el reciclaje de desechos de construcción y demolición es una labor que no se ha fomentado ni industrializado en el país lo que lleva a un déficit en tecnología y de oferta de este tipo de material para masificar su uso en la construcción en Colombia. Esto supone un pequeño bache para el florecimiento de esta industria que requiere acciones para el mejoramiento de estas carencias.

Desde otro punto de vista la construcción en Colombia sigue dependiendo en gran medida de las estructuras en concreto y es el material preferido por todos los representantes del gremio constructor lo cual le da una importante proyección en el ámbito económico al uso

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

de los agregados reciclados por la fuerte demanda que podría generar el sector, dicho lo anterior se hace necesario ampliar el estudio de este tipo de agregados para garantizar su uso en las futuras construcciones lo que requiere una evaluación profunda de los efectos que tiene sobre los concretos fabricados con este tipo de agregados, su comportamiento, la alteración de las características mecánicas y propiedades físicas .

En igual medida es necesario implementar un programa de procesamiento adecuado para el reciclaje de los escombros y los desechos de construcción que podrían involucrar por lo menos los siguientes procesos:

- Diferenciación de residuos
- Separación de residuos plástico, madera, metal, concreto, desechos peligros, etc.
- Limpieza de material
- Triturado
- Tamizaje
- Disposición final de los materiales no utilizados

De esta forma garantizar la disponibilidad de un agregado listo para ser usado.

Para terminar se hacen las siguientes recomendaciones, teniendo en cuenta que se hacen desde el punto de vista del autor basado en los resultados de las investigaciones consultadas y sin una comprobación experimental. :

- El uso de agregados reciclados reemplazando la fracción gruesa de la mezcla de concreto en una medida inferior al 30% del agregado natural siempre que se use en elementos no estructurales.
- Para usar concretos reciclados en elementos estructurales que tengan una solicitud de resistencia a compresión mayor a 20 MPa se recomienda utilizar agregados reciclados de concretos de alta resistencia cuidadosamente seleccionada y bajo un diseño de mezcla que tenga en cuenta las correcciones pertinentes según el tipo de material.
- Se recomienda el uso de aditivos plastificantes para mezclas donde se reemplace más del 50 % del agregado natural por agregado reciclado para mejorar la Trabajabilidad acompañado de la adición de humo de sílice, cenizas volantes o metacaolín para estabilizar la mezcla.
- Previo al uso y cálculo de las variables para diseño de mezcla se recomienda la correcta limpieza del agregado reciclado y usar el material saturado realizando correcciones en el diseño para las nuevas condiciones.
- Tener en cuenta que los elementos elaborados con concretos reciclados alcancen la resistencia de diseño después de los primeros 7 días, así que es pertinente tener

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

un tiempo de espera más prolongado para hacer uso de ellos o colocar nuevas cargas.

Finalmente para contestar la pregunta de investigación ¿Cuál es el impacto sobre la resistencia a la compresión que genera sustituir los agregados naturales por agregados reciclados para concretos colombianos?.

Tomando en cuenta que en Colombia la mayoría de los desechos de construcción corresponde a escombros productos de la demolición de estructuras viejas que contiene morteros, ladrillos, bloques, trozos de cerámica, vidrios entre otras cosas sumado a la falta de una gestión adecuada de estos materiales, el poco conocimiento del procesamiento de los mismos y el correcto proceso de selección. El impacto sobre la resistencia en los concretos colombianos es desfavorable si se hace reemplazos de agregado natural por encima del 30% lo que ocasionaría una reducción en la resistencia a la compresión de manera significativa ya que en el caso de los concretos reciclados su resistencia está ligada a la calidad de los agregados que conforman la mezcla.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

10. BILIOGRAFIA.

- (ICONTEC), I.C. de N.T. y C., 2018. *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 174 (Sexta actualización)*. 2018. S.l.: s.n.
- ADAMSON, M., RAZMJOO, A. y POURSAEE, A., 2015. Durability of concrete incorporating crushed brick as coarse aggregate. *Construction and Building Materials* [en línea], vol. 94, pp. 426-432. ISSN 0950-0618. DOI <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.07.056>. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061815300556>.
- AGREDA, G. y MONCADA, G., 2015. *VIABILIDAD EN LA ELABORACIÓN DE PREFABRICADOS EN CONCRETO USANDO AGREGADOS GRUESOS RECICLADOS*. S.l.: Católica de Colombia.
- ALIABDO, A.A., ABD-ELMOATY, A.-E.M. y HASSAN, H.H., 2014. Utilization of crushed clay brick in concrete industry. *Alexandria Engineering Journal* [en línea], vol. 53, no. 1, pp. 151-168. ISSN 1110-0168. DOI <https://doi.org/10.1016/j.aej.2013.12.003>. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016813001269>.
- APAZA, K. y YSARBE, J., 2016. Análisis comparativo de las propiedades mecánicas y características físicas del concreto patrón y concreto reciclado , evaluando su comportamiento en estado fresco y endurecido PATRÓN Y CONCRETO RECICLADO , ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO . ,
- ATILANO, J., 2019. Comportamiento de un concreto especial experimental elaborado con agregado reciclado. *Universidad Autonoma de Guerrero*, pp. 368.
- Ć, J.R., KINDIJ, A. y Ć, A.M., 2008. History of Concrete Application in Development of Concrete and Hybrid Arch Bridges. *Chinese-Croatian Joint Colloquium on LONG ARCH BRIDGES*, vol. LONG ARCH, pp. 20.
- CABRAL, A.E.B., SCHALCH, V., MOLIN, D.C.C.D. y RIBEIRO, J.L.D., 2010. Mechanical properties modeling of recycled aggregate concrete. *Construction and Building Materials* [en línea], vol. 24, no. 4, pp. 421-430. ISSN 0950-0618. DOI <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.10.011>. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061809003481>.
- CABRERA, L., 2015. *COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA DE ADOQUINES DE CONCRETO Y OTROS ELABORADOS CON VIDRIO RECICLADO* [en línea]. S.l.: Universidad Privada del Norte. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/27098>.
- CASTELLANOS, J., RIVERA, F. y ROA, M., 2017. *COMPARACIÓN ESTRUCTURAL Y ESTIMACIÓN DE COSTOS DE LA UTILIZACIÓN DE CONCRETO CON AGREGADOS NATURALES Y CONCRETO CON RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN*

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

Y DEMOLICIÓN (R.C.D.) COMO AGREGADO. JULIO. S.l.: s.n.

- CASADIEGO-QUINTERO, E., & MONROY, E. R. (2016). Aprendizaje por competencias en la ingeniería civil: aplicada a la reducción del consumo de agua en el área rural. Recuperado de: <http://bit.ly/2ur3jr8>.
- CEMENTOS TEQUENDAMA, 2018. Tipos de cementos y características según NTC 121. *Cementos Tequendama* [en línea]. Disponible en: <http://www.cetesa.com.co/tipos-de-cementos-y-caracteristicas-segun-ntc-121/>.
- CONDORI, J., GOMEZ, J., MAMANI, J. y VILLALBA, L., 2018. *COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO*. S.l.: UNIVERSIDAD NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ.
- DEBIEB, F. y KENAI, S., 2008. The use of coarse and fine crushed bricks as aggregate in concrete. *Construction and Building Materials* [en línea], vol. 22, no. 5, pp. 886-893. ISSN 0950-0618. DOI <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2006.12.013>. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061806003643>.
- DEWANTI, A., 2016. RECYCLED CONCRETE. AGGREGATE (RCA) FOR THE USE IN CONSTRUCTION. *BEIJING JIAOTONG UNIVERSITY*,
- ELHAKAM, A., ABD ELMOATY, A.E. y AWAD, E., 2012. Influence of self-healing, mixing method and adding silica fume on mechanical properties of recycled aggregates concrete. *Construction and Building Materials*, vol. 35, pp. 421–427. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2012.04.013.
- ERASO, H.F. y RAMOS, N., 2015. *ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO MECANICO DEL CONCRETO, SUSTITUYENDO PARCIALMENTE EL AGREGADO FINO POR CAUCHO MOLIDO RECUBIERTO CON POLVO CALCAREO*. S.l.: Pontificia Universidad Javeriana.
- ESCOBEDO, P. y PORTLAND, C., 2015. Concreto reciclado: una revision. , pp. 235-248.
- ETXEBERRIA, M. y GONZALEZ-COROMINAS, A., 2018. The assessment of ceramic and mixed recycled aggregates for high strength and low shrinkage concretes. *Materials and Structures/Materiaux et Constructions* [en línea], vol. 51, no. 5, pp. 1-21. ISSN 13595997. DOI 10.1617/s11527-018-1244-6. Disponible en: <https://doi.org/10.1617/s11527-018-1244-6>.
- FARFÁN, M. y LEONARDO, E., 2018. Caucho reciclado en la resistencia a la compresión y flexión de concreto modificado con aditivo plastificante. *Revista ingeniería de construcción*, vol. 33, no. 3, pp. 241-250. DOI 10.4067/s0718-50732018000300241.
- GALLON, S., 2018. ANÁLISIS DE RESIDUOS DE LADRILLO COMO AGREGADO GRUESO PARA LA FABRICACIÓN DE CONCRETO. *Revista Colombiana de Materiales*, no. 12, pp. 53-69.

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

- GUTIERREZ, J. y MUNGARAY, A., 2015. Reutilización de residuos de concreto hidráulico como un nuevo material en los procedimientos de construcción: una alternativa sostenible en el noroeste de México. *Revista de la Construcción*, vol. 14, pp. 1-10.
- INCONTEC, 2014. Ntc 121: Ingeniería Civil Y Arquitectura. Cemento Pórtland. Especificaciones Físicas Y Mecánicas. , pp. 1-7.
- INFANTE-ALCALDE, J. y VALDERRAMA-ULLOA, C., 2019. Análisis Técnico, Económico y Medioambiental de la Fabricación de Bloques de Hormigón con Polietileno Tereftalato Reciclado (PET). *Información tecnológica*, vol. 30, no. 5, pp. 25-36. DOI 10.4067/s0718-07642019000500025.
- INICIATIVA PARA LA SOSTENIBILIDAD DE CEMENTO, 2012. Iniciativa Para La Sostenibilidad Del Cemento Nuestra Agenda De Acción. [en línea], Disponible en: [http://csiprogress2012.org/CSI Progress Report - summary version \(Spanish\)_for web.pdf](http://csiprogress2012.org/CSI Progress Report - summary version (Spanish)_for web.pdf).
- INVIAS, 2013. Sección 400. ,
- JAHREN, P. y SUI, T., 2016. History of Concrete. *History of Concrete*, vol. 3. DOI 10.1142/10172.
- JORDAN, J. y VIERA, N., 2014. *Estudio de la resistencia del concreto utilizando como agregado el concreto reciclado de obra*. S.l.: s.n.
- KATZ, A. y KULISCH, D., 2017. Performance of mortars containing recycled fine aggregate from construction and demolition waste. *Materials and Structures*, vol. 50, no. 4, pp. 1-16. ISSN 13595997. DOI 10.1617/s11527-017-1067-x.
- KISKU, N., JOSHI, H., ANSARI, M., PANDA, S.K., NAYAK, S. y DUTTA, S.C., 2017. A critical review and assessment for usage of recycled aggregate as sustainable construction material. *Construction and Building Materials*, vol. 131, pp. 721-740. ISSN 09500618. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2016.11.029.
- KOU, S.C. y POON, C.S., 2012. Enhancing the durability properties of concrete prepared with coarse recycled aggregate. *Construction and Building Materials*, vol. 35, pp. 69-76. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2012.02.032.
- KURDA, R., DE BRITO, J. y SILVESTRE, J.D., 2017. Combined influence of recycled concrete aggregates and high contents of fly ash on concrete properties. *Construction and Building Materials*, vol. 157, pp. 554-572. ISSN 09500618. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2017.09.128.
- KWAN, W.H., RAMLI, M., KAM, K.J. y SULIEMAN, M., 2011. Influence of the amount of recycled coarse aggregate in concrete design and durability properties. *Construction and Building Materials*, vol. 26. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2011.06.059.
- LATORRE, A., 2008. La industria del cemento en Colombia. Determinantes y

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

comportamiento de la demanda (1996-2005). , pp. 53.

LAVERDE, J. y TORRES, N., 2017. Propiedades mecánicas, eléctricas y de durabilidad de concretos con agregados reciclados. *Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería* [en línea], vol. 108, no. 0121, pp. 87. Disponible en: http://www.asogravas.org/Portals/0/Evento/AgregadosReciclados/asogravas_Colombiana-Los avances_en_el_area_metropolitana.pdf.

LIZARAZO, F., 2015. Ventajas y usos del concreto reciclado. [en línea], Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/15151/GuacanemeLizarazoFabioAndres2015.pdf;jsessionid=C61037D4EE0C4711DA9C67620FFE20FD?sequence=1>.

LONDOÑO, J., 2016. *COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO CON AGREGADOS RECICLADOS DENTRO DE LA FUENTE QUE LOS GENERA*. S.I.: PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA.

MARCELA, D. y GALINDO, B., 2019. Desempeño mecánico y durable de concretos que incorporan agregado reciclado fino comercial Mechanical and durable performance of concrete that incorporates commercial fine recycled aggregate Abstract Desempenho mecânico e durável de concreto que incorpora. *Revista EIA*, vol. 16, no. 205, pp. 167-179.

MARREY, B. y GROTE, J., 2003. The story of prestressed concrete from 1930 to 1945: A step towards the European Union. *Proceedings of the First International Congress on Construction History*, no. January, pp. 1369-1376.

MATTEY CENTENO, P.E., ROBAYO SALAZAR, R.A., TORRES RICO, J.A., RAMOS BARRAGÁN, P.A. y DELVASTO ARJONA, S., 2015. Evaluación de las propiedades mecánicas de paneles de ferrocemento con agregado fino reciclado. *Informador Técnico*, vol. 79, no. 2, pp. 146. ISSN 0122-056X. DOI 10.23850/22565035.159.

MEESALA, C., BHATTACHARYYA, S.K. y BARAI, S., 2011. Influence of field recycled coarse aggregate on properties of concrete. *Mater Struc*, vol. 44, pp. 205-220. DOI 10.1617/s11527-010-9620-x.

MELISSA, A., FERNÁNDEZ, F., JOSÚE, A., CASTILLO, V., ARTURO, J., AMAYA, R., INGENIERÍA, F. De, CENTROAMERICANA, U.T. y SULA, S.P., 2019. El concreto con árido reciclado : una opción de material para construcción con criterio de sostenibilidad. *INNOVARE Revista de Ciencia y Tecnología*, vol. 8, pp. 120-123.

MENA, C. y VALDES, Y., 2015. *DOSIFICACIÓN ÓPTIMA DE UNA MEZCLA DE CONCRETO CON MATERIALES RECICLADOS PROCEDENTES DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) DE LA CIUDAD DE CALI PARA USO EN OBRAS VIALES DE BAJO TRÁNSITO*. S.I.: PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA.

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

- MONJE LOMBO, C.A. y RODRÍGUEZ VILLAREAL, D.J., 2016. Carbonatación acelerada en agregados reciclados de concreto y evaluación de su desempeño en mezclas de concreto para vías. *Tesis maestría Universidad Santo Tomas Bogotá Colombia* [en línea], pp. 91. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/3875>.
- MONROY, E. (2010). Introducción a la formulación de planes de manejo y protección de acuíferos. Tunja, Colombia: Universidad Santo Tomás.
- MORA VILLOTA, D.H., 2016. Propiedades Mecánicas y de Permeabilidad de Concreto Fabricado con Agregado Reciclado. [en línea], pp. 105. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/56221/1/80255551.2017.pdf>.
- MORENO ANSELMÍ, L.Á., OSPINA GARCÍA, M.Á. y RODRÍGUEZ POLO, K.A., 2019. Resistencia de concreto con agregado de bloque de arcilla triturado como reemplazo de agregado grueso. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, vol. 27, no. 4, pp. 635-642. DOI 10.4067/s0718-33052019000400635.
- NIKBIN, I.M., RAHIMI R., S., ALLAHYARI, H. y DAMADI, M., 2016. A comprehensive analytical study on the mechanical properties of concrete containing waste bottom ash as natural aggregate replacement. *Construction and Building Materials*, vol. 121, pp. 746-759. ISSN 09500618. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2016.06.078.
- OSPINA LOZANO, S., LÓPEZ YÉPEZ, L., CARRILLO CARRILLO, J. y DÍAZ GARZÓN, L., 2016. Afectación de la Resistencia a la Flexión en Concretos Modificados con Reciclado de Concreto. *Infraestructura Vial*, vol. 18, no. 31, pp. 14-19. ISSN 1409-4045.
- PALOMINO, J. y MALDONADO, A., 2018. *SUSTITUCIÓN EXPERIMENTAL DEL AGREGADO GRUESO DE ORIGEN PÉTREO, POR AGREGADO GRUESO PRODUCTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ, PARA LA ELABORACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO*. S.I.: Universidad Distrital Francisco José De Caldas.
- PARRA, K. y BAUTISTA, M., 2010. *DISEÑO DE UNA MEZCLA DE CONCRETO UTILIZANDO RESIDUOS INDUSTRIALES Y ESCOMBROS*. S.I.: DISEÑO DE UNA MEZCLA DE CONCRETO UTILIZANDO RESIDUOS INDUSTRIALES Y ESCOMBROS Katty Milena Parra Maya María Alejandra Bautista Moros UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA.
- PÉREZ, J.C. y ARRIETA, Y., 2017. *Estudio Para Caracterizar Una Mezcla De Concreto Con Caucho Reciclado En Un 5% En Peso Comparado Con Una Mezcla De Concreto Tradicional De 3500 Psi*. [en línea]. S.I.: Universidad Católica de Colombia. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/15486>.
- POON, C.S., SHUI, Z., LAM, L., FOK, H. y KOU, S.C., 2004. Influence of moisture states of natural and recycled aggregates on the slump and compressive strength of

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

-
- concrete. *Cement and Concrete Research*, vol. 34, pp. 31-36. DOI 10.1016/S0008-8846(03)00186-8.
- Puentes, C. D. G., Díaz, J. P. V., Ortiz, N. J. V., Vargas, E. R. M., Santamaría, F., Rueda, V. R., ... & Londoño, J. P. PARA ELDESARROLLO. Vol 1, pp 13-14.
- REYES, J. y RODRIGUEZ, Y., 2010. *Análisis de la resistencia a la compresión del concreto al adicionar limalla fina en 3%, 4%, y 5% respecto al peso de la mezcla* [en línea]. S.I.: Universidad Pontificia Bolivariana. Disponible en: https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1360/digital_19885.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- RODRÍGUEZ, H.N.S.F.J.L.S., 2017. Análisis Comparativo Entre El Concreto Simple Y El Concreto Con Adición De Fibra De Acero Al 4% Y 6%. , pp. 66.
- RODRIGUEZ, P., 2017. *PROTOTIPO DE CONCRETO CON DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS EN LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA* [en línea]. S.I.: Universidad Católica de Colombia. Disponible en: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01514176>.
- RUEDA, V. R., PÉREZ, A., & VARGAS, E. R. M. (2018). Saline intrusion on a coastal aquifer. *Int J Hydro*, 2(5), 555-558.
- S. KALLAK, F., 2009. Use Of Crushed Bricks As Coarse Aggregate In Concrete. *Tikrit Journal of Engineering Sciences* [en línea], vol. 16, no. 3, pp. 64-69. ISSN 1813-162X. Disponible en: https://tjengs.iraqjournals.com/article_21724.html.
- SIKA., S.C., 2016. CONCRETO DURABLE Y SOSTENIBLE. . S.I.:
- SILVESTRE, A., AGUIRRE, A. y CASTILLO, D., 2017. EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO PÉTREO, PROCEDENTE DE DEMOLICIONES. ,
- SYED ISHTIAQ, A. y SUSHANTA, R., 2011. Effect of Crushed Clay Brick as Coarse Aggregate on Creep Behavior of Concrete. *Advanced Materials Research* [en línea], vol. 261-263, pp. 178-181. ISSN 1662-8985. DOI 10.4028/www.scientific.net/AMR.261-263.178. Disponible en: <https://www.scientific.net/AMR.261-263.178>.
- TAAK, N., SINGH, S. y KUMAR TIWARY, A., 2019. a Brief Study on the Strength Parameters of Concrete Using Marble Slurry and Ceramic Waste Aggregate As Partial Substitution of Opc-43 and Coarse Aggregate. *International Journal of Civil Engineering and Technology* [en línea], vol. 10, no. 3, pp. 2028-2035. ISSN 0976-6316. Disponible en: <http://www.iaeme.com/IJCIET/index.asp2028http://www.iaeme.com/ijmet/issues.asp?JType=IJCIET&VType=10&IType=3http://www.iaeme.com/IJCIET/index.asp2029http://www.iaeme.com/IJCIET/issues.asp?JType=IJCIET&VType=10&IType=3>.

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE CONCRETOS RECICLADOS Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

CAMILO CARDENAS ROBLEDO - 506318

-
- VARGAS, E. R. M., GALVIZ, J. P. G., & PEÑARANDA, V. M. (2011). Hydrogeological conceptual model of the Puerto Boyacá's aquifer. *Ingenio Magno*, 2(1).
- VERA, J. y CUENCA, C., 2016. *DIAGNOSTICO PARA LA ELABORACION DE CONCRETO A PARTIR DE LA UTILIZACION DE CONCRETO RECICLADO* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en:
<http://doi.wiley.com/10.1002/ceas.12013><https://www.researchgate.net/publication/317087330><https://repositories.lib.utexas.edu/handle/2152/39127><https://cris.brighton.ac.uk/ws/portalfiles/portal/4755978/Julius+Ojebode%27s+Thesis.pdf><https://www.sir.salford.ac.uk>
- VARGAS, E. R. M., & BARÓN, C. (2018). La Fiducia mercantil inmobiliaria en el sector de la construcción en Colombia. *Revista Ingeniería de Obras Civiles*, 8(1), 29-33
- VILLALBA, V. y CEPEDA, E., 2018. *Evaluación De Los Beneficios Económicos Y Ambientales Para La Adecuada Gestion de Los Residuos de Construccion y Demolicion en la Ciudad de Bogota D. C.* S.l.: Universidad Catolica de Colombia.
- YANG, J., DU, Q. y BAO, Y., 2011. Concrete with recycled concrete aggregate and crushed clay bricks. *Construction and Building Materials* [en línea], vol. 25, no. 4, pp. 1935-1945. ISSN 0950-0618. DOI <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.11.063>. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061810005933>.
- ZHOU, C. y CHEN, Z., 2017. Mechanical properties of recycled concrete made with different types of coarse aggregate. *Construction and Building Materials*, vol. 134, pp. 497-506. ISSN 09500618. DOI [10.1016/j.conbuildmat.2016.12.163](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.12.163).

UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia