



PONTIFICA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE ARQUITECTURA DISEÑO Y ARTES

**DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
MAGÍSTER EN ARQUITECTURA Y SOSTENIBILIDAD**

**APLICACIÓN DEL USO DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN PARA
LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN EN LA CIUDAD DE
RIOBAMBA, ANÁLISIS DE COSTO E IMPACTO AMBIENTAL**

NOMBRE:

RAÚL BERNARDO CARRASCO MONTESDEOCA

DIRECTOR:

ING. NICOLAS SALMON, PhD

QUITO, 2018

INDICE

INDICE	I
ÍNDICE DE TABLAS.....	V
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
CAPITULO I: MARCO REFERENCIAL	4
1.1. Antecedentes	4
1.2. Descripción del problema.....	5
1.3. Objetivos	6
1.3.1. Objetivo General.....	6
1.3.2. Objetivos Específicos.....	7
1.4. Alcance.....	7
CAPITULO II: CONCEPTUALIZACION.....	9
2.1. Residuo.....	9
2.1.1. Clasificación de los Residuos	9
2.1.2. Residuos de Construcción y Demolición	10
2.1.3. Clasificación de los RCD.....	10
2.2. Bloque	12
2.2.1. Clasificación	13
2.2.2. Propiedades.....	13
2.2.3. Dimensiones.....	14
2.2.4. Materiales.....	15
2.2.5. Calidad del bloque en la ciudad de Riobamba.....	17
2.2.6. Producción de bloque en la ciudad de Riobamba	17
2.3. Conclusión.....	18
CAPITULO III: RCD COMO RECURSO SOSTENIBLE	19
3.1 Residuos de Construcción y demolición en el mundo	19

3.1.1.	Generación de los RCD en la Unión Europea.....	21
3.1.3.	Referencias de estudio de los RCD en el mundo	22
3.1.4.	Referencias de estudio de los RCD en el Ecuador.....	26
3.1.5.	Referencias de estudio de los RCD en la ciudad de Riobamba	28
3.1.6.	Obras de construcción con RCD en el mundo	29
3.2.	Consideraciones Medioambientales	32
3.2.1.	Legislación medioambiental en el Ecuador	34
3.2.1.1.	Ley de gestión ambiental.....	34
3.2.1.2.	Constitución de la República del Ecuador.....	35
3.2.1.3.	Ley Orgánica Reformatoria al Código Orgánico De Organización Territorial, Autonomía Y Descentralización (COOTAD).....	35
3.2.1.4.	Ordenanza Municipal de la ciudad de Riobamba	35
3.3.	Normativa.....	36
3.4.	Conclusiones	41
CAPITULO IV: MARCO METODOLOGICO		42
4.1.	Tipo de Estudio	42
4.2.	Investigación Bibliográfica	42
4.3.	Investigación Experimental.....	43
4.3.1.	Recolección, transporte y almacenamiento de los RCD	43
4.3.2.	Trituración de los RCD.....	44
4.3.3.	Caracterización de las propiedades de los RCD	45
4.3.3.1.	Análisis granulométrico.....	45
4.3.3.2.	Masa Unitaria Suelta y Compactada.....	46
4.3.3.3.	Contenido de Humedad	47
4.3.3.4.	Densidad relativa (Gravedad específica) y absorción	48
4.3.3.5.	Impurezas (Colorimetría).....	49
4.4.	Resultados	50
4.4.1.	Granulometría	50
4.4.2.	Masa Unitaria Suelta (MUS)	52
4.4.3.	Masa Unitaria Compactada (MUC)	53
4.4.4.	Contenido de humedad	53

4.4.5.	Porcentaje de Absorción	54
4.4.6.	Peso específico.....	54
4.4.7.	Colorimetría	55
4.4.8.	Diseño de mezclas.....	55
4.4.9.	Tipo de mezcla.....	58
4.4.10.	Diseño de dosificación.....	59
4.4.11.	Elaboración de la mezcla	60
4.4.12.	Elaboración de bloques	61
4.4.12.1.	Fraguado de bloques.....	62
4.4.12.2.	Curado de bloques	63
4.5.	Determinación de la Resistencia a Compresión de los bloques	63
4.6.	Determinación absorción de agua y densidad	65
4.7.	Análisis de costo.....	66
4.8.	Análisis de Impacto Ambiental	66
4.8.1.	Matriz Impacto ambiental.....	67
4.8.1.1.	Etapas del Ciclo de Vida del bloque de Riobamba.....	67
4.8.1.2.	Factores ambientales.....	68
4.8.1.3.	Medición de los impactos en la matriz	70
CAPITULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		72
5.1.	Propiedades Mecánicas del Bloque.....	72
5.1.1.	Determinación de la resistencia a la compresión	72
5.1.2.	Determinación de densidad y absorción	73
5.2.	Análisis de Costo.....	75
5.2.1.	Costo Directo e Indirecto	75
5.2.1.1.	Costo Directo.....	75
5.2.1.2.	Costo Indirecto	77
5.2.2.	Costo de venta al Público.....	77
5.2.2.1.	Costo bloque BMR1 (75% de residuo).....	77
5.2.2.2.	Costo bloque BMR2 (100% de residuo).....	78
5.2.3.	Análisis comparativo de costo del bloque.....	78
5.2.4.	Evaluación financiera.....	80

5.2.4.1. Tasa Interna de retorno (TIR).....	80
5.2.4.2. Valor anual neto (VAN).....	80
5.3. Análisis de Impacto Ambiental.....	81
5.3.1. Impacto ambiental al eliminar los RCD.....	81
5.3.2. Impacto ambiental al utilizar los RCD.....	83
5.3.3. Análisis cualitativo de la matriz de Impacto Ambiental.....	85
Conclusiones	87
Recomendaciones	89
Bibliografía	90
Anexos	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Bloques de Hormigón de acuerdo a su uso	13
Tabla 2. Bloques de Hormigón de acuerdo a su densidad.....	13
Tabla 3. Resistencia neta mínima a la compresión de bloques de hormigón (28 días).....	14
Tabla 4. Absorción máxima de agua en bloques Clase A (28 días)	14
Tabla 5. Dimensiones modulares y dimensiones nominales para bloques.....	15
Tabla 6. Producción de residuos de construcción y demolición en la Unión Europea	21
Tabla 7. Producción de residuos no peligrosos en el Ecuador	22
Tabla 8. Composición del árido reciclado - norma japonesa	37
Tabla 9 Clasificación de los áridos reciclados - norma alemana DIN 4226-1	37
Tabla 10. Composición del árido reciclado - norma alemana DIN 4226-1	38
Tabla 11. Composición del árido reciclado - norma inglesa BS 8600:02.....	38
Tabla 12. Composición del árido reciclado - norma española EHE-08	39
Tabla 13. Especificación técnica internacional del árido reciclado	40
Tabla 14. Granulometría del RCD de hormigón	50
Tabla 15. Granulometría del RCD de Ladrillo.....	51
Tabla 16. Resultados de colorimetría	55
Tabla 17. Porcentajes densidad Óptima RCD Hormigón VS Arena.....	56
Tabla 18. Porcentaje densidad Óptima RCD Hormigón VS RCD Ladrillo.....	57
Tabla 19. Porcentaje de agregados utilizado para el diseño de mezclas evaluadas	58
Tabla 20. Diseño de dosificación para el bloque tipo BMR1	59
Tabla 21. Diseño de dosificación para el bloque tipo BMR2	59
Tabla 22. Matriz de impacto ambiental.....	67
Tabla 23. Resultados resistencia a compresión	72
Tabla 24. Resistencia mínima a la compresión en bloques de hormigón a 28 días	73
Tabla 25. Absorción máxima de los bloques	74
Tabla 26. Costo de Equipo por unidad de bloque (BMR1 y BMR2)	75
Tabla 27. Costo de Mano de Obra por unidad de bloque (BMR1 y BMR2)	75
Tabla 28. Costo de Materiales por unidad de bloque (BMR1)	76
Tabla 29. Costo de Materiales por unidad de bloque (BMR2)	76

Tabla 30. Costo de Transporte por unidad de bloque (BMR2)	76
Tabla 31. Costo Servicio Básico por unidad de bloque (BMR1 y BMR2)	77
Tabla 32. Costo Administrativo por unidad de bloque (BMR1 y BMR2)	77
Tabla 33. Análisis de Precio por unidad de bloque.....	77
Tabla 34. Análisis de Precio por unidad de bloque.....	78
Tabla 35. Precios por unidad de bloque	79
Tabla 36. Tasa Interna de retorno de bloques reciclados	80
Tabla 37. Valor anual neto de bloques reciclados.....	80
Tabla 38. Matriz Impacto Ambienta al eliminar RCD.....	82
Tabla 39. Matriz Impacto Ambienta al reciclar y reutilizar RCD.....	84

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Botadero Informal de la ciudad de Riobamba.....	9
Ilustración 2. Derrocamiento de aceras de las vías principales de la ciudad Riobamba	10
Ilustración 3. Bloque de Hormigón	12
Ilustración 4. Cemento	16
Ilustración 5 . Edificio Deutsche Bundesstiftug Umwelt	30
Ilustración 6. RCD hormigón (izq) y ladrillo (der) utilizados en la investigación.....	44
Ilustración 7. Trituradora primaria (der) y secundaria (izq) de los RCD	44
Ilustración 8. Materiales de RCD Triturado Hormigón (izq) y ladrillo (der).....	45
Ilustración 9. Tamices de ensayo granulométrico de los RCD	46
Ilustración 10. Equipo para ensayo de masa unitaria suelta y compactada de los RCD	47
Ilustración 11. Horno de secado para el contenido de humedad	48
Ilustración 12. Equipo para densidad relativa	49
Ilustración 13. Ensayo de Colorimetría.....	49
Ilustración 14. Colorimetría de los agregados.....	55
Ilustración 15. Instrumental Densidad óptima	56
Ilustración 16. Elaboración Mezcla para bloques BMR1	60
Ilustración 17. .Elaboración Mezcla para bloques BMR2.....	60
Ilustración 18. Preparación de la mezcla para bloques	61
Ilustración 19. Elaboración del bloque BMR1	61
Ilustración 20. Elaboración del bloque BMR2	62
Ilustración 21. Zona de reposo para el fraguado de los bloque.....	62
Ilustración 22. Curado de los bloque.....	63
Ilustración 23. Máquina de compresión	64
Ilustración 24. Reporte de carga máxima.....	65
Ilustración 25. ACV eliminación de RCD	81
Ilustración 26. ACV reutilización del RCD	83
Ilustración 27. Acciones generadas para el uso del RCD.....	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de los RCD.....	11
Figura 2. Material preponderante para paredes	18
Figura 3. Ejemplos en el mundo para recuperar RCD de concreto	20
Figura 4. Resistencia a la compresión del bloque con áridos reciclados y áridos naturales	25
Figura 5. Resistencia a la compresión del adoquín con vidrio.....	27
Figura 6 . Resistencia a la compresión del bloque con ladrillo	27
Figura 7 . Resistencia a la compresión del bloque con escombros	28
Figura 8 . Curva resistencia a la compresión concreto ecológico	29
Figura 9. Curva característica RCD de hormigón	51
Figura 10. Curva característica RCD de ladrillo	52
Figura 11. Resultado MUS de los agregados	52
Figura 12. Resultado MUS de los agregados	53
Figura 13. Contenido de humedad de los agregados.....	53
Figura 14. Contenido de humedad de los agregados.....	54
Figura 15. Peso específico de los agregados	54
Figura 16. Curva Densidad Optima RCD Hormigón VS Arena	57
Figura 17. Curva Densidad Optima RCD Hormigón VS RCD Ladrillo.....	58
Figura 18. Curva resistencias a compresión de los bloques	72
Figura 19. Resultados de densidad de los bloques	73
Figura 20. Resultados de absorción promedio de los bloques	74
Figura 21. Resultado comparativo de costo de los bloques	79

RESUMEN

El propósito de la presente investigación es utilizar los residuos provenientes de la industria de construcción para obtener un nuevo elemento prefabricado constructivo para mampostería (bloque de hormigón), con aplicación en la ciudad de Riobamba. La necesidad de esta investigación radica en que la disposición incorrecta de residuos de construcción, en botaderos o lugares poco adecuados, lo cual se ha convertido en un problema social, ambiental y económico. Por ello, uno de los objetivos principales es identificar la potencialidad de los residuos de construcción y demolición (RCD) como alternativa a las materias primas naturales. Asimismo, se establecerá su capacidad para formar un nuevo material que minimice los volúmenes existentes de residuos, con el fin de contribuir a la conservación del medio ambiente. Para lograrlo, se llevó a cabo ensayos de Granulometría, Masa unitaria suelta (MUS), Masa unitaria compacta (MUC), Contenido de humedad, Porcentaje de absorción, Peso específico y Colorimetría, los cuales evaluaron e identificaron las cualidades físicas, mecánicas y químicas de los residuos (hormigón y ladrillo), mismos que permitieron obtener una dosificación óptima para el elemento prefabricado. Los análisis y resultados finales de Resistencia a compresión, Contenido de humedad y Absorción, garantizan un nuevo elemento prefabricado normado que cumple con los estándares de calidad INEN 3066. De esta manera, este estudio promueve a los RCD como una materia prima sustentable, que no solo reduce el costo e impacto ambiental, sino que además aporta al beneficio social y económico de la ciudad.

INTRODUCCIÓN

La ejecución de obras de infraestructura en el sector público y privado, en todo el mundo, ha impulsado el fortalecimiento de una de las actividades económicas más rentables y generadoras de desarrollo como la industria de la construcción (Banco Interamericano de Desarrollo, 2013). El crecimiento de pueblos, ciudades y países, causado por el incremento poblacional ha fomentado proyectos de bienestar social en un tiempo determinado. Este ha ocurrido a causa de satisfacer las necesidades del ser humano y, consecuentemente, ha aumentado la economía de una región (Sánchez, 2010). A raíz del crecimiento que ha tenido la industria de la construcción, se ha creado una mayor demanda de materiales, la cual consume una gran cantidad de materia prima, y a su vez origina un impacto negativo que se refleja en el medio ambiente (Pertuz, 2010).

La industria de la construcción, además de ser una de las actividades de mayor impulso económico y desarrollo, trae consigo consecuencias inevitables, producidas por la presencia de Residuos de Construcción y Demolición, denominados RCD (Pertuz, 2010). Los RCD son considerados, a nivel mundial, como un problema ambiental y social para todas las ciudades (Castaño, Rodríguez, Lasso, Cabrera y Ocampo, 2013). Evidencia de esto, es la ausencia de gestión, control y correctivos desde las políticas públicas. Esto se suma a la poca educación y sensibilización de los constructores en cuanto al control de generación, y a la disposición de residuos en su actividad (Pertuz, 2010).

Incentivando a realizar diversos estudios en el aprovechamiento y manejo de estos residuos, en búsqueda de soluciones sostenibles, impulsando al reciclaje y reutilización de los RCD como materias alternativas para la fabricación de nuevos elementos que puedan incluirse nuevamente en el sector de la construcción, proponiendo un nuevo modelo de actividad económica que vaya acorde al mundo en que vivimos, en donde la primordial necesidad es mantener y preservar el medio ambiente. (Gaitan, 2013, pág. 41)

Por tales razones, esta investigación propone la aplicación del uso de residuos generados en la construcción de la ciudad de Riobamba, en la inclusión en un nuevo elemento prefabricado para mampostería (bloques de hormigón). Para esto, emplea una metodología experimental que

plantea reemplazar materias naturales de canteras por RCD (ladrillo, hormigón), que incorpora un modelo de gestión, uso y aprovechamiento de materias primas recicladas (RCD), que la convierten en una “*solución que garantice un aporte a la conservación y protección del medio ambiente*” (Gaitan, 2013, pág. 43). Asimismo, es una alternativa y una clara respuesta ante la cantidad de desperdicio que se genera por la construcción en la ciudad de Riobamba (Vaca y Torres, 2008). El objetivo del proyecto es que:

Se convierta en un modelo aplicable y sea replicado en otras ciudades, contribuya con la protección del ecosistema y la reducción del impacto ambiental, aporte a la disminución de extracción de materias primas de canteras y prolongue la vida útil de estos lugares, disminuya la contaminación de vertederos, ríos, etc.... e incentive al aprovechamiento del residuo proveniente de la construcción (Gaitan, 2013, pág. 45).

CAPITULO I: MARCO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes

Riobamba es una ciudad ubicada en la serranía central del Ecuador (Vaca y Torres, 2008). De acuerdo al anuario de edificaciones del INEC, en la última década *“su crecimiento urbano ha generado que la industria de la construcción tenga la necesidad de contar con mayor cantidad de materias primas y materiales para esta actividad, considerando al bloque de hormigón como uno de los materiales empleados con mayor frecuencia”* (INEC, 2014, pág. 34). Por sus características, este tipo de bloque ha sido identificado en Riobamba por su mala calidad y bajo costo (Quisphe y Guevara, 2012). La ausencia de estudios sobre la calidad de materiales y la falta de capacitación de los fabricantes de bloques hacen que la producción sea empírica y artesanal, sin la verificación necesaria de la calidad del producto (Romero y Chuquimarca, 2011).

Los autores Vaca y Torres (2008) afirman que en Riobamba:

la problemática ambiental se ha visto claramente afectada por la acumulación de escombros que impacta negativamente lugares como zonas verdes, vertientes de agua, ríos, lagunas hasta en lugares urbanos evidenciado en montañas de escombros, que muestran el manejo inadecuado y el desconocimiento de la sociedad ante los impactos sociales, ambientales y económicos que enfrenta cada día la ciudad. (pág. 24)

Por su parte, Pertuz (2010) asevera que:

la eliminación de los residuos de construcción provenientes muchas veces de desperdicios o remodelaciones no tiene una medida correcta para su disposición final, optando muchas veces por ser depositados en lugares poco adecuados que no solo provocan un daño al medio natural por la extracción de los recursos, sino por la cantidad de residuos generados que son devueltos en forma degradada a la naturaleza. (pág. 43)

Por lo tanto, se observa que en Ecuador existe una ausencia de políticas orientadas al aprovechamiento de estos recursos, y una falta de conciencia de la sociedad. Esta problemática se muestra en muchas ciudades del país, quienes la enfrentan aunque sea muy difícil de controlar

(Vaca y Torres, 2008). Por esto, el manejo adecuado de escombros es una dificultad que la sociedad y las entidades gubernamentales deben enfrentar hoy en día. Ello se puede lograr con lineamientos que permitan generar una gestión y un manejo adecuado a los RCD en Riobamba, con énfasis en un modelo de gestión que no solo permita reducir el impacto ambiental, sino que incluya un modelo de economía social. De esta manera, se maximizan las potencialidades de reciclar y reutilizar el desecho que cotidianamente se genera en la ciudad.

1.2. Descripción del problema

La generación de basura en las ciudades, con el transcurrir del tiempo, se ha desarrollado e incrementado hasta volverse una problemática en montaña de desechos (Pertuz, 2010). No es una exageración, pues la producción anual aproximada es de 10 mil millones de toneladas de residuo generado en el mundo (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 2013). Esto se comprende en dos partes, pues por un lado se registra una tendencia de disminución de desechos biodegradables, y por el otro hay un aumento en los residuos de construcción, plásticos, eléctricos y electrónicos, entre otros. De estos diversos tipos de residuos, más de la mitad no son sometidos a ningún tipo de tratamiento (Velasco, 2010).

La falta de tratamiento origina impactos negativos ambientales, al igual que la falta de políticas públicas de gestión que originan incremento en la generación de RCD producidos por la construcción en el Ecuador, en particular la ciudad de Riobamba, elevando la producción y consumo en grandes cantidades de materias que son extraídos de los recursos naturales de la ciudad y se retribuyen al medio ambiente en materias primas totalmente deterioradas que amenazan potencialmente la integridad de los recursos renovables y no renovables. (Vaca y Torres, 2008, pág. 24)

La cantidad de materiales de construcción utilizada en la ejecución de obras, representa una serie de inconvenientes, por ejemplo, ambientales, debido al destino final de los RCD, y económicos, porque tienen un valor no aprovechado entre el 15 y 20% del valor de la obra final (Botasso y Fesel, 2004). Por ello, es necesario recurrir a soluciones alternativas como el reciclaje

y la reutilización de los desperdicios generados en actividades de construcción, haciendo uso de materiales como ladrillos, vigas, maderas, cerámicas y agregados residuales (Castaño et al, 2013).

La idea de su utilización y aprovechamiento a mayor escala para su empleo en nuevos elementos como morteros, hormigones, bloques, adoquines, pisos decorativos, muros, y semejantes, genera:

la posibilidad real de reciclaje y re-uso de los residuos que contribuye a un control técnico, económico, impacto social y ecológico que ayude a la sociedad, donde muchos países desarrollados y otros en vías de progreso experimentan la necesidad de preservar y generar el ahorro de recursos naturales con alternativas que se aprovechen del re-uso de residuos, en elementos alternativos que puedan ser incluidos en la construcción. (Gaitan, 2013, pág. 16).

En este contexto, la presente investigación pretende dar respuesta a la siguiente hipótesis:

La fabricación de un nuevo tipo de bloque prefabricado, a partir de residuos de la construcción, es una alternativa viable y sustentable para su desarrollo en la ciudad de Riobamba.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Utilizar Residuos de Construcción y Demolición (RCD) de la ciudad de Riobamba para en la elaboración de un nuevo bloque de hormigón, como una alternativa viable y sustentable para el desarrollo de la ciudad.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Estimar las propiedades de los agregados reciclados de la ciudad de Riobamba para determinar sus características de granulometría, masa unitaria suelta, masa unitaria compactada, contenido de humedad, densidad y absorción.
- Fabricar los bloques de hormigón de acuerdo con su porcentaje de contenido de áridos reciclados en relación a la densidad óptima.
- Calcular las propiedades físicas del bloque de hormigón para determinar sus características de densidad y absorción de agua, en función de los porcentajes de escombros utilizados.
- Evaluar las propiedades mecánicas del bloque de hormigón para determinar su resistencia a la compresión, en función de los porcentajes de escombros utilizados, según la norma INEN 643.
- Analizar la viabilidad económica del nuevo bloque de hormigón con residuos de la construcción.
- Generar un análisis comparativo de costo entre el nuevo bloque de hormigón y el bloque convencional.
- Determinar el impacto ambiental generado y evitado por el uso de residuos en la fabricación del bloque de hormigón.

1.4. Alcance

La presente investigación permite generar una gestión de los RCD en la ciudad de Riobamba, como una *“alternativa sostenible que contribuya al entorno social, económico y sobre todo ayude a la protección del medio ambiente, considerando que toda gestión se empieza con la prevención de la generación de los residuos”* (Vaca y Torres, 2008, pág. 25). Por consiguiente, la prevención y la reducción de residuos deberían ser las principales prioridades de todo plan de gestión dentro de cada ciudad (Guzenski, 2015).

Este estudio se basa en un análisis de los residuos producidos en la industria de la construcción en la ciudad de Riobamba que, junto con un modelo experimental, permitirá elaborar un elemento prefabricado de bloque de hormigón para mampostería (Hildalgo y Poveda, 2013). Para ello se han planteado diseños que tengan una variación de porcentajes de contenido

de residuos, para generar una dosificación adecuada en la obtención del elemento prefabricado (bloque de hormigón) (Veliz, 2013). Por lo tanto, los análisis y resultados indicarán el porcentaje de residuos más favorable y generará el punto de partida para el aprovechamiento de los RCD. A partir de eso, se evaluará el costo e impacto ambiental de las propuestas. Esta investigación busca un modelo económico de menor costo, que tenga un aporte mayor a la conservación del medio ambiente, en comparación con los elementos prefabricados que se realizan con materias primas habituales.

Finalmente, gracias al aprovechamiento de los residuos de construcción como materia prima en la creación de nuevos productos, se podría pensar que no solo es una solución sostenible, sino que también como punto de partida para conformar un nuevo modelo de economía social (Caicedo, 2015).

CAPITULO II: CONCEPTUALIZACION

2.1. Residuo

El residuo es un material no aprovechable, que en su contexto inicial no alcanza un valor económico, pero se constituye en una fuente valiosa de materia útil que, por la falta de gestión y ausencia de mercados para su comercialización e inadecuada eliminación, se ha transformado en un verdadero atentado hacia el medio ambiente y un derroche innecesario de recursos. (Garrido, 1998, pág. 11)



Ilustración 1. Botadero informal de la ciudad de Riobamba (2017).

2.1.1. Clasificación de los Residuos

Los residuos tienen un apartado especial para su clasificación, según el tipo de sector o actividad de donde provienen. Muchos de ellos dependen de sus características, entre las que se consideran las siguientes (Garrido, 1998):

- **físicas:** residuos sólidos, residuos líquidos y residuos gaseosos.
- **químicas:** residuos inertes, residuos tóxicos, residuos radioactivos y residuos infecciosos.
- **actividades del sector:** residuos de servicios y domiciliarios, agrarios, forestales, ganaderos, industriales, mineros, construcción, demolición, y sanitarios.

2.1.2. Residuos de Construcción y Demolición

Los residuos de construcción y demolición denominados RCD son aquellos que provienen directamente de la industria de la construcción (Gaitan, 2013). Si bien los residuos generados por esta actividad no generan el mismo efecto como los residuos orgánicos, son comúnmente eliminados en botaderos ilegales e informales, a falta de gestión y tratamiento. Inclusive, pueden ser abandonados en sitios naturales (Guzenski, 2015). Han creado un efecto ambiental negativo, permitiendo el surgimiento de una cultura de un vertido insostenible, con verdaderas consecuencias por su negligencia (Santos, Monercillo y Garcia, 2011).



Ilustración 2. Derrocamiento de aceras de las vías principales de la ciudad Riobamba (2017).

2.1.3. Clasificación de los RCD

Los RCD pueden ser clasificados en dos grupos, según su procedencia y naturaleza (Andrade y Coba, 2013), tal como se detalla a continuación:



Figura 1. Clasificación de los RCD (Andrade y Coba, 2013).

Según su procedencia:

- residuo de derribo o demolición: considera toda materia u objeto procedente de estructuras que han cumplido su vida útil, provenientes de liberaciones, demoliciones y desmontajes, que conllevan un nivel de riesgo.
- residuo de construcción: toda materia u objeto originado en cualquier proceso constructivo, ya sea una obra nueva, rehabilitación o reparación.
- residuo de excavación: se considera a toda materia u objeto que es generado en todo trabajo de excavación, previo al inicio de una obra.

Según su naturaleza:

- residuo inerte: toda materia u objeto considerado generalmente como no peligroso, que no experimenta transformación física, química o biológica.
- residuo no especial: toda materia u objeto que, luego de ser tratado, puede ser almacenado sin necesitar un cuidado especial.
- residuo especial: toda materia u objeto proveniente de todo lo producido en la industria que, por sus características de alto riesgo, requieren un tratamiento y cuidado especial.

2.2. Bloque

El bloque de hormigón es uno de los elementos de mayor uso en la construcción. Es una pieza prefabricada vibro-compactada, que por lo general se emplea en el levantamiento de mampostería (estructural, no estructural), y en el alivianamiento de losas (Quisphe y Guevara, 2012). El fabricado de hormigón simple está compuesto por una mezcla de cemento, agua, áridos gruesos y finos. Tiene forma de paralelepípedo, con un interior que puede llevar cavidades o no (INEN 3066, 2016). Según la norma INEN 3066 (2016) “*su característica de resistencia a compresión oscila entre 17 kg/cm² y 40 kg/cm²*” (pág. 6).



Ilustración 3. Bloque de Hormigón, Bloquera Hormiblock.

Las principales ventajas del bloque en la mampostería son:

- resistencia y estabilidad: su capacidad portante sumada a la colocación de entramado en la mampostería, aporta mayor resistencia y estabilidad.
- aislamiento térmico: su estructura permite introducir materiales aislantes (vermiculita y polietileno expandido), y al mismo tiempo disminuye la transmitancia térmica.
- aislamiento acústico: su densidad y textura constituye una barrera sónica. El incremento de la impermeabilización del sonido depende mucho de su correcta junta de unión.
- resistencia al fuego: posee una resistencia de transmitancia al calor con una duración no mayor a cuatro horas, lo que ofrece una alta seguridad ante un incendio.
- rapidez y economía: la simplificación al colocar menores unidades en las obras, ayuda a tener un mayor rendimiento. Además, su textura genera un mejor terminado superficial homogéneo, que al final no requiere un tratamiento complejo en su superficie.

2.2.1. Clasificación

Según la norma ecuatoriana (INEN 3066, 2016) el bloque se clasifica por su uso y densidad, como está descrito a continuación:

- De acuerdo a su uso:

Tabla 1

Bloques de Hormigón de acuerdo a su uso

Clase	Uso
A	Mampostería estructural
B	Mampostería no estructural
C	Alivianamiento en losas

(INEN 3066, 2016)

- De acuerdo a su densidad:

Tabla 2

Bloques de Hormigón de acuerdo a su densidad

Tipo	Densidad de Hormigón (kg/m³)
Liviano	< 1680
Mediano	1680 a 2000
Normal	> 2000

(INEN 3066, 2016)

2.2.2. Propiedades

Los bloques son elementos constructivos con características propias que deben ser analizadas en función de su resistencia y porcentaje de absorción, como se describe a continuación:

- resistencia a la compresión: es la relación de la carga máxima que puede soportar un elemento con respecto al área transversal, antes que se genere su falla o rotura (INEN 3066, 2016). Según el tipo y uso de cada elemento, esta debe cumplir las resistencias

mínimas como se detalla en la siguiente tabla, según como lo determina la norma ecuatoriana INEN 3066 (Bloques de Hormigón. Requisitos y Métodos de ensayo).

Tabla 3

Resistencia neta mínima a la compresión de bloques de hormigón (28 días)

Descripción	Resistencia neta mínima a la compresión simple (MPa)*		
	Clase A	Clase B	Clase C
Promedio de 3 bloques	13.8	4.0	1.7
Por bloque	12.7	3.5	1.4
*1 MPa = 10.2 kg/cm ²			

(INEN 3066, 2016)

- porcentaje de absorción: es la cantidad de agua que retiene cada pieza al ser sometida a inmersión (INEN 3066, 2016). Según el tipo y uso de cada elemento, esta debe cumplir los porcentajes de absorción máximos como se detalla en la siguiente tabla, según lo determina la norma ecuatoriana INEN 3066 (Bloques de Hormigón. Requisitos y Métodos de ensayo).

Tabla 4

Absorción máxima de agua en bloques Clase A (28 días)

Tipo	Densidad (kg/cm ³)	Absorción de agua máxima promedio (kg/m ³)	Absorción de agua máxima por unidad (kg/m ³)
Liviano	< 1680	288	320
Medio	1680 a 2000	240	272
Normal	> 2000	208	240

(INEN 3066, 2016)

2.2.3. Dimensiones

Según la norma ecuatoriana (INEN 3066, 2016) sus dimensiones se relacionan por el largo, ancho y alto, como está detallado a continuación:

Tabla 5

Dimensiones modulares y dimensiones nominales para bloques

Dimensiones modulares (nM)			Dimensiones modulares (mm)			Dimensiones nominales (mm)		
Largo	Ancho	Altura	Largo	Ancho	Altura	Largo	Ancho	Altura
4	3	2	400	300	200	390	290	190
		2.5			250			240
3	x	2	300	x	200	290	x	190
		1.5			150			140
2	1	1	200	100	100	190	90	90
Dónde: nM : es el número de medidas modulares Nota: La tabla que precede es un ejemplo, se basa en juntas de 10mm y una medida modular M=100mm y muestra algunas combinas tanto largo, ancho y altura								

(INEN 3066, 2016)

2.2.4. Materiales

Según la norma ecuatoriana (INEN 3066, 2016) los materiales de los bloques deben ser fabricados a base de:

- cemento hidráulico: elaborado según las normativas establecidas NTE INEN 490 (Puzolanas. Definición y clasificación), NTE INEN 2380 (Cementos hidráulicos. Requisito de desempeño para cementos hidráulicos) o NTE INEN 152 (Cemento portland. Requisitos).
- áridos: agregados finos o gruesos con características que cumplan la normativa NTE INEN 872 (Áridos para hormigón. Requisitos). Actualmente, en la norma ecuatoriana no se especifica el uso de estos materiales reciclados para la formación de nuevos elementos.
- agua: deberá ser totalmente agua potable, libre de cantidades apreciables de materiales nocivos, álcalis, sales y materias orgánicas.

2.2.4.1. Cemento

El cemento Portland es un aglomerante hidráulico muy fino de color grisáceo, compuesto principalmente de silicatos de calcio y aluminio que provienen de la combinación de calizas, arcillas y yeso, que al ser mezclado con materiales pétreos y agua se crea una mezcla homogénea, manejable y plástica que alcanza una resistencia conformada en mortero o concreto (Quisphe y Guevara, 2012, pág. 6).



Ilustración 4. Cemento.

2.2.4.2. Agregados

“Son materiales granulares sólidos inertes que pueden ser naturales, artificiales o reciclados, los mismos pueden ser empleados en la fabricación de productos mediante su mezcla con materiales aglomerantes de activación hidráulica (cementos, cales, etc.) o con ligantes asfálticos” (Quisphe y Guevara, 2012, pág. 10).

Los agregados, según su origen, ya sean fuentes naturales, productos industriales o residuos de construcción, se clasifican en:

- agregados naturales: provienen de una fuente natural creados en una roca madre a partir de la cual, mediante un proceso de fragmentación por trituración mecánica, se crean agregados con características para ser implementados en sistemas constructivos (Quisphe y Guevara, 2012).

- agregados artificiales: vienen de un proceso industrial, y comúnmente son de mayor o menor densidad que los agregados naturales (Quisphe y Guevara, 2012).

- agregados reciclados: se originan directamente del proceso de construcción, en el tratamiento de residuos inorgánicos utilizados en la construcción y, en ocasiones, son creados por la demolición y desmantelamiento de estructuras (Caicedo, 2015).

2.2.4.3. Agua

La norma INEN 1108 (2014) afirma que el agua *“es un recurso natural cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano”* (pág. 1) .

2.2.5. Calidad del bloque en la ciudad de Riobamba

La investigación: “Determinación del origen del incumplimiento de las especificaciones técnicas de ladrillos, bloques y adoquines de la provincia de Chimborazo” de 2012, realizada en la Universidad Nacional de Chimborazo, efectúa un *“monitoreo a la calidad de los bloques producidos en algunas fábricas de la provincia de Chimborazo, concluyendo que el 92% de estas fábricas no cumplen con las especificaciones de las normas INEN 643 (Bloques de hormigón. Requisitos)”* (Quisphe y Guevara, 2012, pág. 3). Por este motivo, es necesario desarrollar una metodología óptima para la fabricación de bloques huecos de hormigón tipo B con dosificación adecuada, y analizar las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los agregados de la provincia (Quisphe y Guevara, 2012).

Por lo tanto, este estudio ayuda a tener una visión clara de la calidad del bloque en la ciudad de Riobamba, por lo que es necesario realizar una investigación minuciosa de las características de los materiales de la ciudad, con una relación de diseño que cumpla con todo lo requerido por la norma ecuatoriana.

2.2.6. Producción de bloque en la ciudad de Riobamba

La producción del bloque es una de las principales prácticas de trabajo de personas con recursos de nivel socio-económico bajo en la ciudad de Riobamba. Actualmente, 30 fábricas producen bloques en todo el perímetro de la ciudad (Romero y Chuquimarca, 2011). Por ser artesanales, estas no cuentan con un registro de producción y venta, lo cual impide tener un dato real de producción de bloque en la ciudad (Quisphe y Guevara, 2012). No obstante, el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) determina que el porcentaje de bloques utilizados en la construcción en mampostería es de 57.6% (INEC, 2014). La producción del bloque en la ciudad

representa un eje económico, por lo cual cabe la necesidad de mejorarla, a partir de las características y estándares de calidad establecidos (Romero y Chuquimarca, 2011).

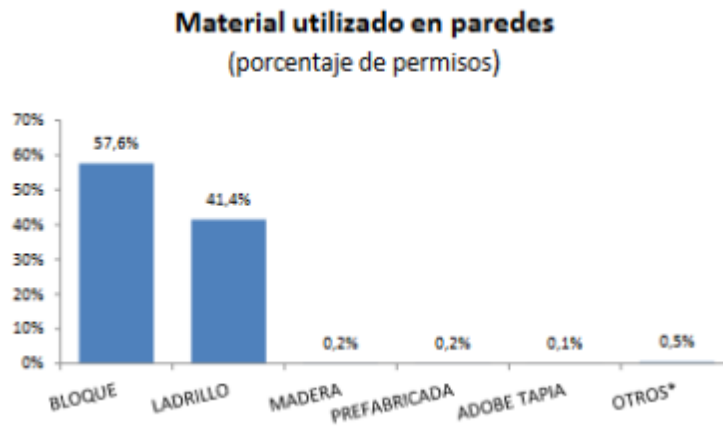


Figura 1. Material preponderante para paredes, INEC, 2014.

Reflexión: la calidad del Bloque de la ciudad de Riobamba es uno de los puntos negativos en la industria de la construcción existente, el incumplimiento con los estándares establecidos en la norma ecuatoriana, la infraestructura inadecuada y el desconocimiento total por parte de los productores, evidencian un proceso constructivo no adecuado para la elaboración de este producto. Por otra parte, la normativa ecuatoriana no considera en la actualidad a los RCD como materias alternativas, por lo que es necesario incluir estas materias alternativas en las normas y generar una política de gestión y aprovechamiento de estos en el Ecuador.

2.3. Conclusión

La norma ecuatoriana INEN 643 (Bloques de hormigón. Requisitos) establece que en elementos de mampostería no estructural (clase B) la resistencia mínima deberá ser de 3.5 por bloque, con un promedio de 3 elementos de 4.0 MPa. Por ello, el nuevo bloque que se busca desarrollar debe estar sujeto al cumplimiento de este parámetro, tomando en consideración no solo el porcentaje de agregado reciclado de cada elemento creado durante la misma, sino también la baja calidad del bloque de producción artesanal, existente en la ciudad de Riobamba.

CAPITULO III: RCD COMO RECURSO SOSTENIBLE

3.1 Residuos de Construcción y demolición en el mundo

El crecimiento de la industria de la construcción, si bien es un indicador de desarrollo, también genera un sin número de problemas ambientales y sociales en el mundo, debido a la ejecución de obras de infraestructuras y edificaciones (Pertuz, 2010).

De acuerdo con los datos generados por la ONU la construcción por año genera un 30% de emisión de gases efecto invernadero, 40% de consumo de energía, 40% de generación de residuos sólidos urbanos, y se extrae un tercio de materiales existentes del medio ambiente. (Guzenski, 2015, pág. 1)

Las grandes cantidades de residuos generados por la construcción y demolición se han transformado en un fenómeno difícil de controlar, agravando la protección de los recursos de la sociedad (Pertuz, 2010).

En este contexto, los RCD que son reciclados y revalorizados tienen un potencial relevante comparado a otros tipos de residuos inertes (Gaitan, 2013), pues pueden transformarse mediante ciertos tratamientos, y así generar materiales fragmentados para ser utilizados como agregados reciclados, y ser incorporados en la industria de la construcción (Velasco, 2010). Su uso constituye un beneficio importante para el mundo, ya que representa un aprovechamiento económico y una contribución a la preservación de los recursos naturales (Pertuz, 2010).

Naciones como Alemania, Holanda y Bélgica, según el informe del “*World Business Council for Sustainable Development*” de Julio del 2009, han superado en un 90% el reciclaje de los RCD y los emplean como materias primas. Esta reutilización se debe a la escasez de fuentes naturales, y a la necesidad de obtener agregados para la elaboración de nuevos elementos, principalmente hormigón. Mientras, en América Latina, países como Chile, Colombia y Brasil han emprendido estudios en la reutilización de residuos de construcción, como una alternativa para reemplazar materias primas naturales en la fabricación de nuevos elementos prefabricados (bloque, adoquín) (Valdes, 2011). Estos datos son una referencia que incentiva a crear un modelo alternativo de

aprovechamiento de RCD, que pueda incorporarse en una economía social, resaltando la importancia de una construcción más sostenible.

Hace varias décadas, no se habría podido pensar en reciclar y reutilizar residuos de construcción como materias primas en la elaboración de nuevos materiales (Gaitan, 2013). Según Castaño et al. (2013):

(...) hoy en día alrededor del mundo, un gran número de estudios y proyectos han demostrado que los agregados de RCD pueden reemplazar en forma satisfactoria a los agregados de canteras naturales, generando un modelo innovador de transformación de la industria de la construcción en una actividad de construcción sostenible. (pág. 123)

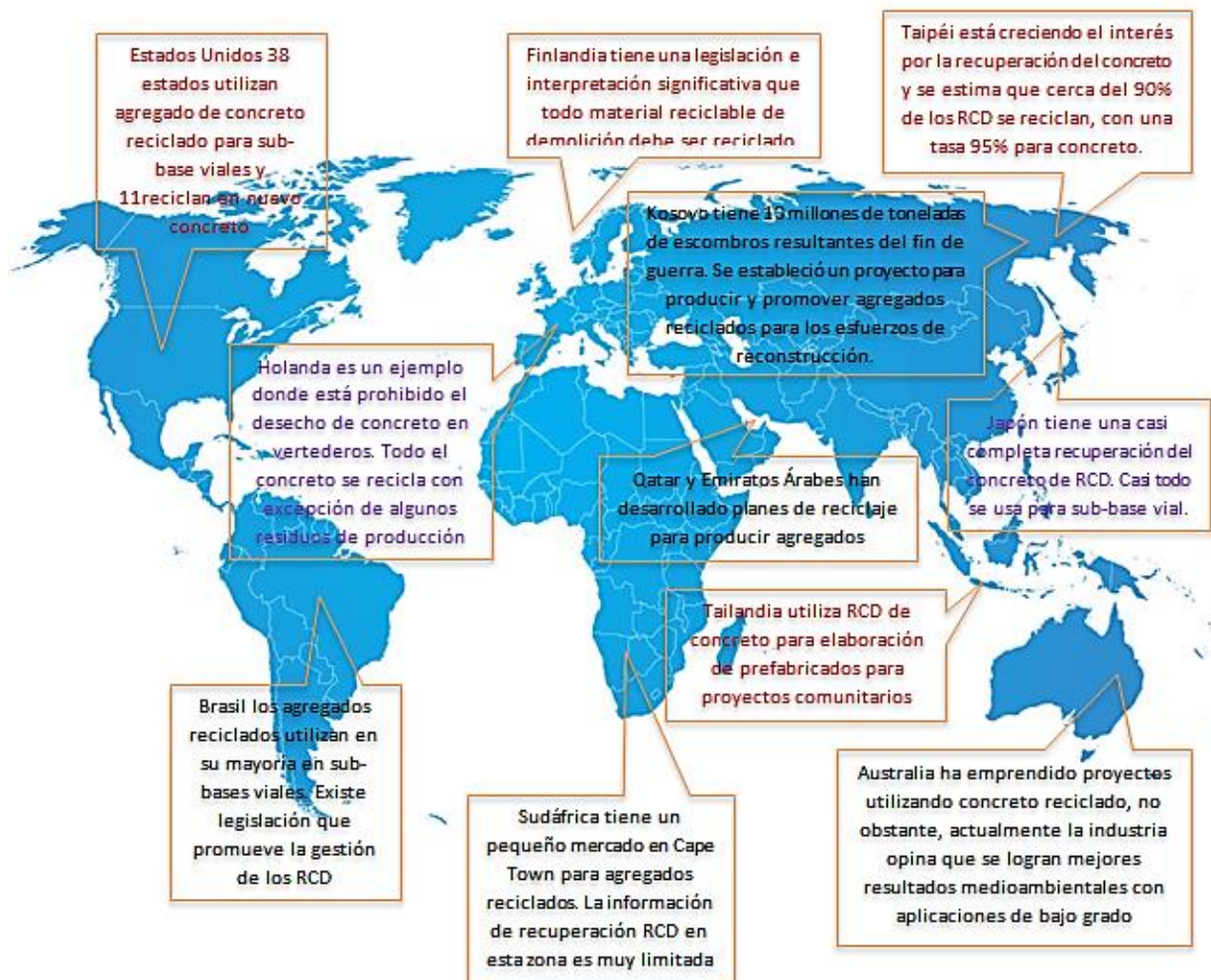


Figura 2. Ejemplos en el mundo para recuperar RCD de concreto (WBCSD, 2009).

3.1.1. Generación de los RCD en la Unión Europea

La producción de RCD en la Unión Europea, según el estudio “*Generation and treatment of waste in Europe 2008 - Steady reduction in waste going to landfills*” es de 859 millones de ton/año, que representa el 32.9% del total de residuos RCD, como se puede apreciar en la tabla 6 (Schrör, 2011).

Tabla 6

Producción de residuos de construcción y demolición en la Unión Europea

PAÍS	Residuos Construcción y demolición (Millón Ton/año)
Bélgica	15.44
Bulgaria	1.82
Republica Checa	10.65
Dinamarca	5.67
Alemania	197.21
Estonia	1.09
Irlanda	-
Grecia	6.83
España	44.93
Francia	252.98
Italia	69.73
Chipre	0.43
Letonia	12.00
Lituania	0.41
Luxemburgo	8.28
Hungría	5.24
Malta	1.09
Holanda	59.47
Austria	31.39
Polonia	6.93
Portugal	8.05
Rumania	0.31
Eslovenia	1.37
Eslovaquia	1.32
Finlandia	24.45
Suecia	3.31
Reino Unido	100.99
Noruega	1.49
Croacia	0.13

(Schrör, 2011)

La variación entre países europeos demuestra que está regulada en función de su normativa gubernamental para la gestión de los RCD, implementada por cada país. Alemania, Dinamarca,

Bélgica y Francia estiman que la producción de RCD por habitante es de 2 ton/año. Mientras que países como Grecia, Polonia, Hungría y Bulgaria, estiman que la producción de RCD por habitante es inferior a 500 kg/año (Tertre y Burriel, 2015).

3.1.2. Generación de los RCD en Ecuador

En Ecuador, la falta de gestión y políticas, tanto públicas como privadas, muestran el poco interés y concientización a la protección ambiental causado por la generación de RCD (Garrido, 1998). Evidencia de esto es el escaso registro de datos por parte de las instituciones del estado que, además de su falta de compromiso, publican cifras irreales de 81 ton/año de RCD (INEC, 2013). Dicha cifra justifica solamente una pequeña parte de la producción real de los desechos, pues pocas empresas y profesionales cuantifican esos datos de sus obras. Todo esto imposibilita tener una visión objetiva y real de la magnitud de residuos generados en el país.

Tabla 7
Producción de residuos no peligrosos en el Ecuador

Sector Económico	Cantidad Recolectada (kg/año)
Industria Manufacturera	365.815.273
Construcción	81.558.247
Transporte	5.659.742
Explotación de Minas y Canteras	5.042.500
Actividades de Alojamiento	2.141.554
Suministro de Electricidad	677.048
Información	533.495
Atención Salud Humana	431.278
Distribución de Agua	65.406

(INEC, 2013)

3.1.3. Referencias de estudio de los RCD en el mundo

Los RCD en el mundo representan una oportunidad como fuente de aprovechamiento. Prueba de ello es la variedad de estudios han determinado la viabilidad de su uso en diferentes elementos de la construcción, orientados en el aprovechamiento y la reutilización de los residuos.

José Gómez, Luis Angulló y Eric Vásquez (2012) en su estudio “Cualidades físicas y mecánicas de los agregados reciclados de concreto. Aplicación en concretos” viabilizan la posibilidad de reutilizar desechos de hormigón procedentes de las construcciones como material granular, incorporándolos en nuevos elementos de construcción para usos en concreto y mortero. Los autores concluyen que al reemplazar un 20% de árido natural por material reciclado en tamaños inferiores a 4 mm, se puede emplear en hormigón estructural sin perder sus propiedades mecánicas. Así, se provechan las propiedades físicas y mecánicas de los materiales reciclados, óptimos y factibles para su práctica, con un ahorro de energía y mejoras medioambientales.

En el artículo científico “*Concrete Building blocks made with recycled demolition aggregate*” sus autores Marios Soutsos, Kangkang Tang y Stephen Millard (2011) analizan el uso de agregados reciclados de concreto (RCA) y mampostería (RMA) en la fabricación de bloques de hormigón prefabricados. En sus conclusiones establecen que:

- la sustitución adecuada de agregados gruesos reciclados es:
 - 60% de RCA para bloques de clase 1.
 - 20% de RMA para bloques de clase 2 con tamaños nominales de 6 mm.
- el porcentaje de agregados finos es:
 - 20% RCA para bloques de clase 1.
 - 20% de RMA para bloques de clase 2 con tamaños nominales de 4 mm con tendencia a polvo.

Este tipo de bloques alcanzan resistencias entre 14.5 N/mm^2 y 16.7 N/mm^2 , similares a los bloques con agregados naturales.

Los autores C.S. Poon, S.C. Kou y L. Lam (2002), en el artículo científico “*Use of recycled aggregates in molded concrete bricks and blocks*” conciben ladrillos y adoquines de hormigón con residuos de construcción provenientes de diferentes lugares de Hong Kong. Ellos concluyen que el uso de agregados reciclados en ladrillos de hormigón, en porcentajes del 25 y 50%, alcanzan una resistencia a compresión de 15.9 y 16.7 MPa respectivamente, con una resistencia

transversal de 1.75 y 1.80 MPa. Por otra parte, al sustituir el 100% de agregados reciclados con agregados naturales, su resistencia a compresión disminuye a 11.4 MPa, y su resistencia transversal aumenta a 1.94 MPa. Igualmente, al sustituir agregados reciclados por agregados naturales en un 50% en los adoquines de hormigón, se alcanza una resistencia a la compresión de 62.1 MPa, y una resistencia transversal de 3.74 MPa. En cambio, al sustituir el 100% de agregados naturales por los agregados reciclados, su resistencia a la compresión disminuye a 51.2 MPa, mientras que su resistencia transversal aumenta a 3.81 MPa. Por esto, la sustitución de agregados reciclados por los agregados naturales podría alcanzar satisfactoriamente un 100%, y al mismo tiempo obtener resultados de adoquines de hormigón a los 28 días con resistencia no menor a 49 MPa.

En el artículo científico “*Concrete paving blocks and flags made with crushed brick as aggregate*” realizado en el *Institute for Testing Materials* de la República de Serbia, sus autores Ksenjia Jankovic, Dragan Nikolic y Dragan Bojovic (2012) plantean el uso del ladrillo como material reciclado para la fabricación de bloques y pavimentos de hormigón (adoquines). Los autores concluyen que la aplicación del ladrillo reciclado como agregado, caracterizado por sus propiedades de menor densidad, resistencia y mayor absorción, alcanzaron bloques de hormigón con resistencia a compresión de 5.3 MPa; se consiguió al reemplazar un 32,5% de agregado natural. Por otra parte, la aplicación en pavimentos de hormigón (adoquines) logró una resistencia a compresión de 2.5 MPa, al reemplazar un 65% de agregado natural, cumpliendo la normativa europea EN1338 (Concrete paving blocks) y EN1339 (Concrete paving flags). Por esto, la producción de pavimentos de hormigón (adoquines) dependerá de la cantidad de agregado natural reemplazado por agregados reciclados, donde 65% es el porcentaje óptimo.

Chi Poon y Dixon Chan (2005) en su estudio “*Paving blocks made with recycled concrete aggregate and crushed clay brick*” realizado en la Universidad Politécnica de Hong Kong, resaltan el uso del ladrillo triturado usando el 50% como agregado para pavimentos de hormigón (adoquines). Se logró una resistencia a compresión de 2.6 MPa para zonas peatonales bajo la norma AS/NZS 4455 (*Masonry units, pavers, flags and segmental retaining wall units*). El estudio concluye que la sustitución óptima de agregados naturales con residuo de ladrillo es del

25% para bloques de pavimento de hormigón con resistencia a compresión de 3.7 MPa, la misma que cumple satisfactoriamente con lo establecido en la norma AS/NZS 4455.

En Chile, Gonzalo Valdés (2011) en su estudio “Aplicación de los residuos de hormigón en materiales de construcción” analiza el uso de agregados reciclados para la fabricación de bloques de hormigón, reemplazando el 50% de agregados gruesos naturales por agregados reciclados. Estos alcanzaron una resistencia a compresión del 15%, menor a la de los bloques fabricados completamente con áridos naturales, por lo cual no cumple con lo requerido en la norma chilena NCh181.Of1965 (Bloques huecos de hormigón de cemento). Valdés determina que el uso óptimo del agregado grueso reciclado es 36%, para obtener una mejor trabajabilidad y resistencia requerida, con resistencias a compresión superior a 80 Kg/cm², según determina la norma, tal como se muestra a continuación.

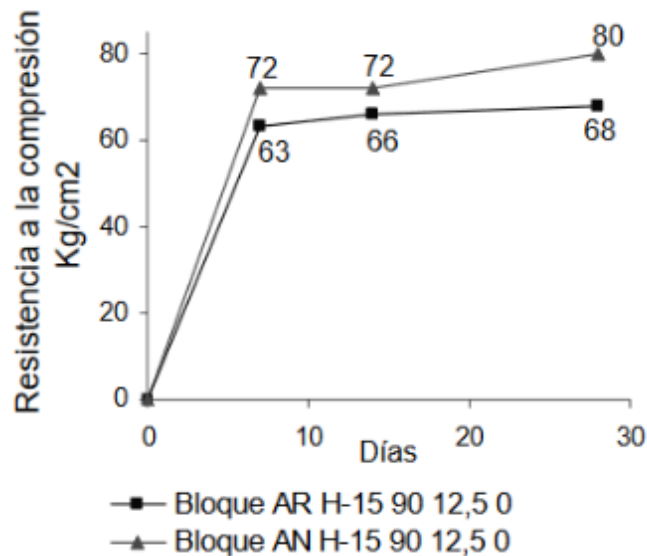


Figura 3. Resistencia a la compresión del bloque con áridos reciclados y áridos naturales (Valdés, 2011).

Sergio Caicedo (2015) en su estudio “Uso de agregados reciclados de residuos de construcción y demolición (RCD) provenientes de la ciudad de Cali como material para la construcción de elementos prefabricados de concreto, caso adoquines” realizado en Colombia, examina el uso de agregados reciclados de la construcción en la fabricación de adoquines, con el propósito de identificar la potencialidad de estos materiales en nuevos elementos. El autor

concluye que al reemplazar el 100% de agregados naturales con agregados reciclados, se alcanzan resistencias de adoquines de 1.2 y 1.6 MPa. Por tal motivo, está muy lejos de lo requerido en la norma colombiana NTC-2017 (Adoquines de concreto para pavimentos, (págs. 1-5). De esta forma, se prioriza una mayor investigación de los materiales reciclados, con proporciones que conlleven a cumplir con las exigencias de las normas.

Por otra parte, Lepe Domínguez y Emilio Martínez (2007) en su estudio “Reinserción de los residuos de construcción y demolición al ciclo de vida de la construcción de las viviendas” hecho en México, muestra resultados de resistencia de adoquines entre 1.6 MPa y 1.8 MPa. Esto determina la importancia de hacer investigaciones en el resto de regiones, en favor de la inclusión de los RCD como agregados y aprovechar las propiedades de estos materiales. Así, de una cierta manera se reduciría el daño ambiental, conformando nuevos elementos constructivos con menor costo e impacto en el medio ambiente.

Reflexión: el aprovechamiento de los RCD en diferentes lugares del mundo impulsa tener una visión clara de su aprovechamiento, y así tener un punto de partida para una investigación exhaustiva que permita conocer las características y propiedades de los RCD locales. De esta forma, se los puede emplear en un modelo de gestión y aprovechamiento sostenible, a través del uso de estas materias primas alternativas en nuevos elementos prefabricados.

3.1.4. Referencias de estudio de los RCD en Ecuador

La reutilización de los RCD como materias primas ha fomentado ciertas investigaciones en el país, con el objetivo de evaluar una variedad de tipos de residuos que podrían ser reinsertados en nuevos elementos para la construcción. Así, Hidalgo y Poveda (2013) en su trabajo de grado titulado: “Obtención de adoquines fabricados con vidrios reciclados”, realizado en la Escuela Politécnica Nacional, contemplaron un diseño de mezcla con el uso del 25% de vidrio como agregado fino. Este diseño obtuvo características y propiedades óptimas de adoquines con resistencias de 44 MPa, que lo coloca dentro de la norma ecuatoriana INEN 1488 (Adoquines. Requisitos).

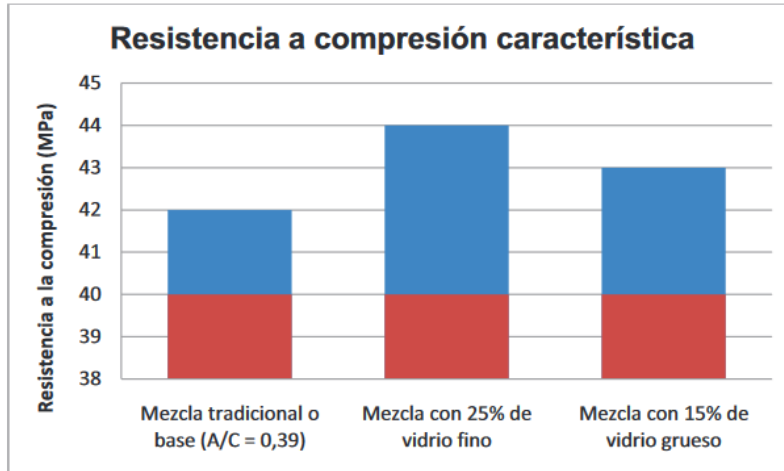


Figura 4. Resistencia a la compresión del adoquín con vidrio (Hidalgo y Poveda, 2013).

José Veliz (2013) en su artículo científico “Reciclaje de residuos de construcción en la producción de bloques en la ciudad de Portoviejo”, viabiliza el uso de residuos de ladrillo, hormigón y asfalto en porcentajes de ladrillo (10%, 20%, 40%), hormigón (30%,40%,50%) y asfalto (30%, 40%). Los resultados muestran que estos alcanzan resistencias de 2,76 y 3,14 MPa, por lo cual están dentro del rango exigido en la norma ecuatoriana INEN 643 (Bloques huecos de hormigón. Requisitos). Veliz concluye que el material más influyente es el ladrillo, pues mientras se reduce su cantidad aumenta la resistencia del bloque.

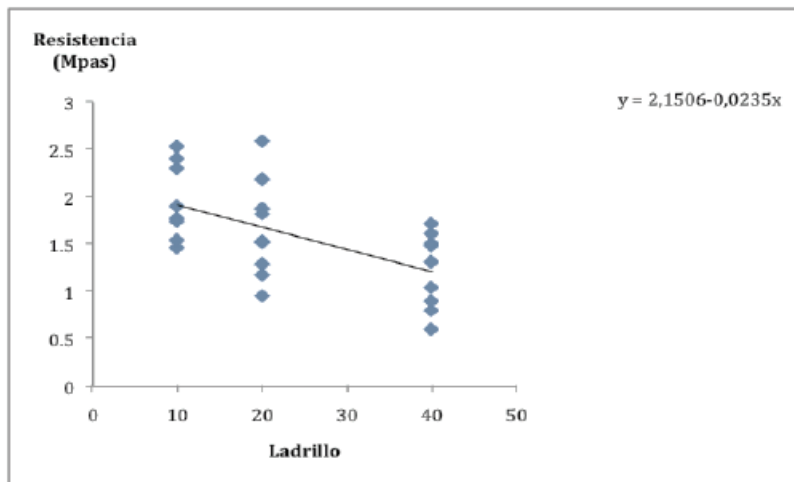


Figura 5. Resistencia a la compresión del bloque con ladrillo (Hidalgo y Poveda, 2013).

Cruz, Hidalgo y Mazón (2006) en su Trabajo final de grado “Elaboración de mampuestos con residuos reciclados de la construcción civil y comparación con las normas INEN y ASTM” realizado en la Escuela Politécnica del Ejército, generan ensayos experimentales reemplazando áridos naturales por escombros de construcción en porcentajes del 25%, 50%, 75% y 100% en la fabricación de bloques. Muestran que el uso óptimo al reemplazar el 100% de agregados naturales, alcanza una resistencia de 5.19 MPa, que es mayor a la resistencia de los bloques con agregados naturales de 5.11 MPa. Por lo tanto, los autores concluyen que los materiales reciclados presentan propiedades idóneas que garantizan resistencias, a la vez que cumplen con las exigencias en la norma ecuatoriana INEN 643 (Bloques huecos de hormigón. Requisitos). (págs. 38-42).

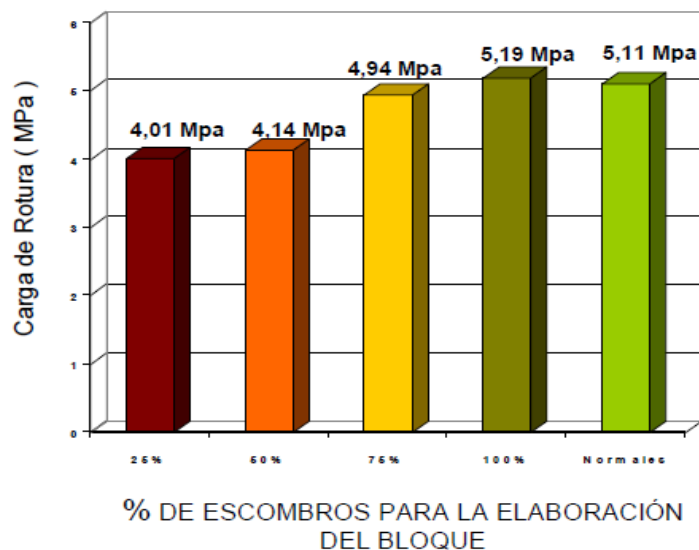


Figura 6 . Resistencia a la compresión del bloque con escombros (Cruz, Hidalgo y Mazón, 2006).

3.1.5. Referencias de estudio de los RCD en la ciudad de Riobamba

Actualmente, en Riobamba existe un solo estudio de RCD, el cual pertenece a los autores Pucha y Llanga (2010) que en su trabajo de grado “Propuesta de vivienda popular conformada por paredes portantes de concreto elaborado con material reciclado” realizado en la Universidad Nacional de Chimborazo, exponen que el uso de 9.81% de material reciclado de PVC, 37.25% de agregado fino y 52.94% de agregado grueso para la conformación de concreto ecológico, consigue una resistencia de 24 MPa a los 28 días. Dicho concreto ecológico posee un

asentamiento de 7cm, con lo que asegura su trabajabilidad y consistencia. Por ello, los autores establecen en sus conclusiones que el RCD de PVC es un material que reemplaza exitosamente a los áridos pétreos naturales, con un menor costo y un uso beneficioso para cualquier obra de infraestructura.

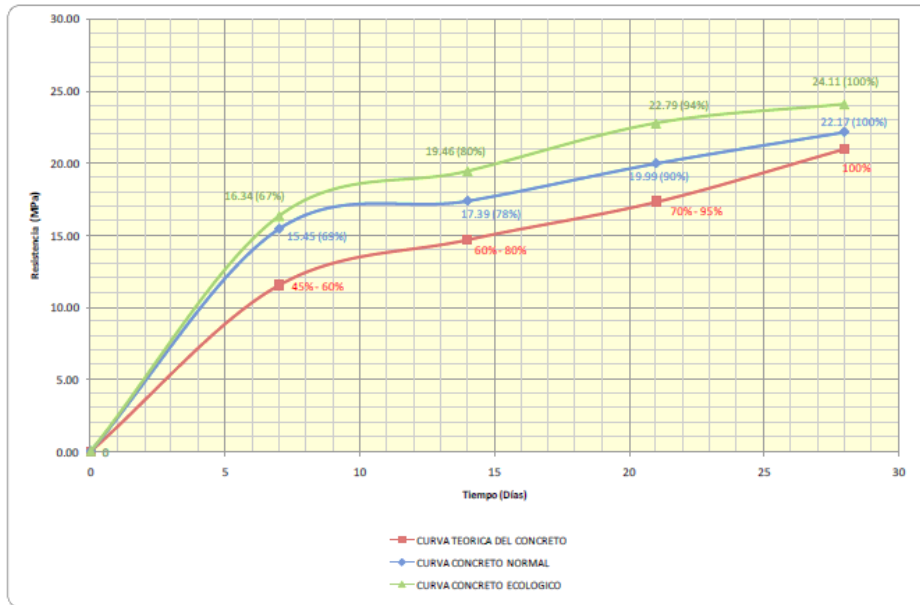


Figura 7. Curva resistencia a la compresión concreto ecológico (Pucha y Llanga, 2010).

Por tal razón, se observa que actualmente en Riobamba no existen otros tipos de estudios hechos con materiales reciclados. Es decir, existe un campo abierto para investigar y contribuir al correcto aprovechamiento de estos residuos, en favor de la protección del ecosistema de la ciudad.

3.1.6. Obras de construcción con RCD en el mundo (Cedex, 2014)

El aprovechamiento de los RCD en el mundo ha generado una revalorización de los desechos ocasionados por la industria de la construcción, pues mediante el reciclado y la reutilización se ha producido un cambio de escenario. En este nuevo contexto se evidencia la disminución de la extracción de los recursos no renovables, gracias a la sustitución del aprovechamiento de residuos

de la construcción. Todo esto motiva una práctica ambiental positiva con una visión de sostenibilidad en el mundo.

Según *European Thematic Network* (2000), Alemania hace uso de agregados reciclados desde 1950, incorporándolos en la construcción de viviendas. Entre 1996 y 1997 la ciudad de Itzehoe generó 50.000 toneladas de escombros de cerámica provenientes de un fuerte militar, la misma que se utilizó para la nueva construcción de esta zona (págs. 12-15). Adicionalmente, en su publicación *Cedes* determina que entre 1993 y 1994 se empleó áridos reciclados, para la conformación de elementos estructurales de hormigón en la construcción de la sede de la Fundación Alemana para el Medio Ambiente (*Deutsche Bundesstiftung Umwelt*). La misma utilizó 290 Kg/m³ de cemento Portland CEM I 42.5 R; árido grueso reciclado con tamaños nominales entre 4 y 32 mm; árido fino con arena natural; 70 kg/m³ de cenizas volantes y plastificante; y 201 kg/m³ de agua, con lo cual se obtuvo una resistencia cúbica de 35 N/mm².



Ilustración 5 . Edificio *Deutsche Bundesstiftung Umwelt* (CEDEX, 2014).

Por otra parte, el Reino Unido en 1995 experimentó la primera práctica con el uso de material reciclado en la construcción de un bloque de oficinas en la ciudad de *Watford*. Para esto usó 985kg de hormigón triturado proveniente de un edificio de 12 pisos derrocado en el centro de Londres, 330 kg/m³ de cemento, relación agua/cemento < 0.50, escorias de horno alto entre 50 y 70% para la cimentación, pilares y forjado. Con lo cual consiguió resistencias entre 25 N/mm² y 35 N/mm². Por otra parte, en 1996 hubo un proyecto de obra civil con áridos reciclados

mezclados (hormigón y ladrillo) en la construcción de la segunda losa armada con espesor 0.50 m de un edificio en la ciudad de *Cardington*. Este empleó un total de 100 toneladas (50% ladrillo) con una resistencia de 60 N/mm^2 , similar a la resistencia de la primera losa del edificio que fue elaborada con áridos naturales.

Los Países Bajos en cambio usaron 500 m^3 de hormigón reciclado para la construcción del viaducto cerca de *Meppel*. En otro viaducto de la misma zona, en 1990 aprovecharon el 20% de árido grueso reciclado para la elaboración de hormigón empleado en toda la construcción, que consistió en total de 11.000 m^3 . Desde 1991, este país exige utilizar el 20% de árido grueso de hormigón reciclado en todos los proyectos que utilicen hormigón, excepto estructuras de hormigón pretensado. Otro de los países que ha experimentado con el uso de hormigón reciclado es Bélgica desde 1987. Esto fue a causa de demolición de estructuras (muros) del puerto de *Antwerp*, reutilizando todo el escombros generado (80.000 m^3) en un nuevo hormigón para la edificación de una nueva compuerta en la misma zona. Este nuevo hormigón tuvo una resistencia a compresión de 35 N/mm^2 , una retracción inferior a $150 \mu\text{m/m}$, y una mayor trabajabilidad al pre-saturar todos los residuos incorporados en la mezcla. Después de 15 años, esta estructura no ha mostrado problemas de durabilidad por factores ambientales.

Cedex refiere que la construcción del puente *Great Belt Link* en Dinamarca significó uno de los proyectos más significativos generados en esta zona, marcando el mayor uso de escombros de demolición de estructuras, entre las que figuraba un puente de hormigón armado. Este proyecto llevó a cabo una serie de investigaciones en técnicas de demolición y utilización del hormigón triturado para la fabricación de nuevos hormigones, que fueron empleados en la construcción del proyecto “Casa reciclada”. La misma constaba de 14 departamentos en dos plantas ubicada en el centro de la ciudad de *Odense*, hecha de materiales como hormigón y tejas trituradas con fracciones de 4–16mm para elementos no estructurales, y 16-32mm para capas drenantes, obteniendo así resistencias que oscilan entre 5 y 20 N/mm^2 .

En 2004 en Barcelona, España, se ejecuta el puente de Marina Seca, una de las obras emblemáticas de este lugar, de hormigón reciclado, con más del 95% de árido reciclado de hormigón. Dicho hormigón reciclado poseía 1% de finos de 0.063mm, 10% de finos de 4mm, 10% y 20% de árido reciclado previamente pre saturado con el 80 y 90%, con lo que consiguió una resistencia a compresión de 47.8 N/mm². Así mismo, Morel, Gallias, Bauchard, Mana y Rousseau (1994) citan en artículo que la consolidación de la ciudad Olímpica de Barcelona, en 1987, es una de las pocas experiencias puesta en obra del uso de materiales reciclados mixtos para hormigón no estructural. La misma produjo una gran cantidad de demolición de edificaciones del barrio de Icaria, perteneciente a la zona, con lo que se logró una cantidad aproximada de escombros de 1.5 millones de toneladas. Para ello se empleó únicamente hormigón, piedra, cerámicos y ladrillo, que fueron separados in situ para construir calles, carreteras, y estructuras de escollera en la línea litoral.

Reflexión: El uso de los RCD en el mundo es una clara muestra del beneficio que estas materias primas olvidadas representan una vez transformadas en una solución constructiva sostenible, de beneficio económico, ambiental y, sobre todo, una manera de reinsertar estos elementos en un nuevo ciclo de vida, que aporte no solamente a la sociedad, sino que también beneficie al medio natural en que vivimos.

3.2. Consideraciones Medioambientales

Según Pertuz (2010), el medio ambiente es considerado uno de los sistemas más frágiles en el mundo, y ha sido afectado, principalmente, por el desarrollo del ser humano a lo largo de la Historia. Entre los factores que han influido en el ecosistema están la explotación y extracción de recursos, no solo son un problema de consumo, sino por la contaminación a causa de las materias que son devueltas al medio ambiente en una manera degradada (residuos). Todo esto provoca una alteración constante en el medio ambiente, condicionando la vida de las personas, animales y alterando el equilibrio del planeta.

La poca e inapropiada política y gestión de RCD en el cuidado y protección del medio ambiente, ha impulsado una serie de aspectos negativos evidenciado en las siguientes áreas (Pertuz, 2010):

- Espacios Físicos: acumulación de escombros, degradación del suelo, contaminación del aire, propagación de insectos, proliferación de roedores y pérdida de la biodiversidad en vertederos, ríos y botaderos ilegales, y lugares semejantes.
- Cultural: los desechos se eliminan en cualquier lugar, a causa de la ausencia de una concientización de las personas. No existe una cultura de reciclaje ni del aprovechamiento del residuo.

Los RCD no solo han provocado un problema por la cantidad en que se producen, sino también por la falta de normativas para su tratamiento y gestiones locales. Esto ha desencadenado una cantidad de prácticas inapropiadas, desde los actores principales hasta los procesos de ejecución (Gaitan, 2013), y se las identifica de la siguiente forma:

- No contar con registros de control de las cantidades de residuos que se producen.
- Existencia de residuos desalojados en botaderos o áreas protegidas sin ningún control o regulación.
- Ausencia de infraestructura para la gestión de los residuos.
- Carencia de algún tipo de tratamiento de residuos para su reciclaje y reutilización.

Esto ocasiona que sea necesario establecer una nueva concientización encaminada a una:

regulación hacia todo lo que eliminamos, incentivando a un cuidado especial hacia el medio ambiente e impulsando a una concientización social, basado en que todo lo desechado puede ser aprovechado, generando una nueva economía ecológica que respete al planeta y en especial al medio ambiente. (Pertuz, 2010)

Con esto, Pertuz busca:

- **Prevención:** crear medidas para evitar la mayor cantidad de residuos en los procesos constructivos desde el diseño hasta la ejecución de la obra, a través de principios de concientización y responsabilidad de gestión.

- **Valoración de los residuos:** desarrollar métodos de gestión (reciclaje y reutilización) que permita el aprovechamiento de nuevas materias primas.
- **Eliminación:** delimitar espacios adecuados y regulados por las entidades municipales, donde se pueda desechar los materiales que no pueden ser reutilizados o incorporados en un nuevo proceso de aprovechamiento.

3.2.1. Legislación medioambiental en Ecuador

Las acciones orientadas en promover y dar protección al medio ambiente en Ecuador han generado una serie de normativas impulsadas en el cuidado y preservación del ecosistema. No obstante, entidades como el Ministerio del Ambiente, Industria, Salud Pública, Productividad y autoridades locales (gobiernos autónomos municipales y provinciales) (Perez, 2015, pág. 39), han orientado un análisis situacional de los residuos dentro del país en lugar de aplicar una gestión. Consecuentemente, las limitadas acciones y escasos recursos económicos han sido factores preponderantes que impiden aplicar políticas encaminadas al tratamiento y reducción de los residuos en cada una de las ciudades (Guzenski, 2015). Por esto, las normativas que no se aplican a través de una política de gestión demuestran ser poco eficaces, pues no garantizan un tratamiento de los residuos, ni protección al medio ambiente (Perez, 2015).

3.2.1.1. Ley de gestión ambiental

El Registro Oficial Suplemento 418 de 10 de septiembre del 2004 establece principios de gestión ambiental, donde determinando el reciclaje y la reutilización de desechos como alternativa sustentable. Así lo dictamina el Art. 1 “*La gestión ambiental se sujeta a los principios de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de desechos, utilización de tecnologías alternativas ambientalmente sustentables y respecto a las culturas y prácticas tradicionales*” (Ley de Gestión Ambiental Codificada, 2004, pág. 1). Así mismo, los principales protectores del medio ambiente deben ser las autoridades locales encargadas de cuidar y gestionar políticas para la preservación de las áreas naturales, como está determinado en el Art. 13 “*Los consejos provinciales y los municipios, dictarán políticas ambientales*” (Ley de Gestión Ambiental Codificada, 2004, pág. 4).

3.2.1.2. Constitución de la República del Ecuador

En acuerdo con el Registro Oficial No. 449 de 20 de octubre del 2008, existen derechos que protegen el medio ambiente, respetando así su ciclo de vida, tal como se determina en el Art. 71 *“La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos”* (Constitución de la República del Ecuador, 2008). A su vez, se determina que hay deberes y responsabilidades a las que cada persona está obligada, con el fin de precautelar el cuidado y protección del ecosistema. Así lo manifiesta el Art.83. Numeral 6 *“Respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible”* (Constitución de la República del Ecuador, 2008, pág. 20).

3.2.1.3. Ley Orgánica Reformatoria al Código Orgánico De Organización Territorial, Autonomía Y Descentralización (COOTAD)

Según el Registro Oficial No. 166 de 21 de enero de 2014, la responsabilidad de la creación de normativas de protección y gestión en la protección de personas y colectividades, corresponde a los gobiernos autónomos descentralizados municipales, tal como lo establece el Art. 13. *“Los gobiernos autónomos descentralizados municipales adoptarán obligatoriamente normas técnicas para la prevención y gestión de riesgos en sus territorios con el propósito de proteger las personas, colectividades y la naturaleza, en sus procesos de ordenamiento territorial”* (Ley Orgánica Reformatoria al Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización COOTAD, 2014, pág. 15).

3.2.1.4. Ordenanza Municipal de la ciudad de Riobamba

La ordenanza municipal 021-2011 del 21 de julio de 2011 resuelve la regulación de la gestión integral de los desechos sólidos en el cantón Riobamba, sin embargo, solo se determina la disposición final de los residuos, sin considerar ningún tipo de tratamiento, a pesar de lo que se indica en el Art. 27 *“Toda persona natural o jurídica, pública o privada que produzca escombros, tierra de excavación, chatarra y recolecte ceniza, deberán depositar dichos*

materiales exclusivamente en las escombreras que el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Riobamba destine para su efecto” (Gad Municipio de Riobamba, 2011, pág. 7). Esta forma de actuar demuestra la falta de compromiso por parte de las autoridades locales, lo que sumado a la falta de gestión de residuos producidos en la ciudad, y a la ausencia de tratamiento para su disposición final, exhibe una insensibilidad hacia el cuidado del medio ambiente, por no mencionar el desperdicio del recurso generado (Vaca y Torres, 2008).

3.3. Normativa

La problemática ambiental producida por los RCD, a razón de su generación y tratamiento en el mundo, ha despertado el interés en muchos países europeos para establecer normas, o procedimientos, que permitan fomentar la reutilización de los residuos de construcción en nuevos elementos (Gaitan, 2013). Varios países, a través de diferentes normativas, han impulsado una regulación en el uso y gestión de los RCD, beneficiando al desarrollo de estas sociedades (Garrido, 1998).

International Unión of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures (RILEM) (1994) en su proyecto “Directrices y el estado actual de la reutilización del Hormigón Demolido en Japón” de 2014, hace mención a la norma japonesa que determina dos principales grupos de áridos reciclados, en relación a su uso para obra civil o edificaciones, en la que se subdivide cada uno de estos grupos en tres tipos:

- tipo 1: áridos de alta calidad empleado para hormigón no estructural o estructural.
- tipo 2: áridos de media calidad empleado en hormigón no estructural o lajas de hormigón.
- tipo 3: áridos procedente de escombros de ladrillo empleado para hormigones de baja calidad o pobres.

Tabla 8

Composición del árido reciclado - norma japonesa

Elementos	Máximo contenido (Kg/m ³)
Contenido de yeso o otras impurezas de densidad <1950 kg/m ³	10
Contenido de asfalto, madera, plástico, papel, pintura y otras partículas retenidas por el tamiz de 1,2mm o densidad <1200 kg/m ³	2

(Kansai, 1994)

En cambio en Alemania, la norma DIN 4226-1-:200: “Concrete aggregate”, considera una clasificación a los residuos que divide en 4 principales grupos según su procedencia, y 4 tipos según su composición, como se determina en las siguientes tablas:

Tabla 9

Clasificación de los áridos reciclados - norma alemana DIN 4226-1

Tipo	Origen
Tipo 1	Árido procedente mayoritariamente de escombros de hormigón o áridos minerales ($\geq 90\%$) y un contenido máximo de Clinker, cerámica y/o gres calcáreo del 10%.
Tipo 2	Árido procedente mayoritariamente de escombros de hormigón o áridos minerales ($\geq 70\%$) y un contenido máximo de Clinker, cerámica y/o gres calcáreo del 30%.
Tipo 3	Árido procedente mayoritariamente de escombros de hormigón o áridos minerales ($\geq 80\%$) y un contenido máximo de materiales procedentes de hormigón o árido mineral del 20%.
Tipo 4	Árido procedente de la mezcla de RCD con un contenido mínimo del 80% de material procedente de hormigón, árido mineral o productos cerámicos.

(DIN, 2000)

Tabla 10

Composición del árido reciclado - norma alemana DIN 4226-1

Elementos	Máximo contenido de impurezas (% en masa)			
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
Hormigón, áridos minerales en conformidad con DIN 4226-1	≥ 90	≥ 70	≤ 20	≥ 80
Clinker, cerámicos son poros	≤ 10	≤ 30	≥ 80	-
Gres calcáreo	-	-	≤ 5	-
Contenido de materiales como cerámico u hormigón ligero o poroso, estuco, cemento, escoria porosa o pumita	≤ 2	≤ 3	≤ 5	≤ 20
Asfalto	≤ 1	≤ 1	≤ 1	-
Contenido de origen mineral (vidrio, cerámicos, escoria de metal o yeso de estuco)	≤ 2	≤ 2	≤ 2	-
Contenido externo de origen no mineral (caucho, materia plástica artificial, metal, madera, restos de plantas, papel)	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 1

(DIN, 2000)

Por su parte, la norma inglesa BS 8600:02 “*Specification for Constituent Materials and Concrete*”, divide a los áridos reciclados según su origen como: residuos de hormigón (RCA) y residuos de cerámicas o mezcla hormigón – cerámica (RA), donde no considera un porcentaje de uso con áridos naturales, pero cuyo resultado debe deberá cumplir con las especificaciones establecidas (British Standard, 2001).

Tabla 11

Composición del árido reciclado - norma inglesa BS 8600:02

Requisitos	RCA	RA
Contenido de material de densidad <1000 kg/m ³ (%)	≤ 1	≤ 1
Contenido de materiales externos (metales, vidrios) (%)	≤ 5	≤ 1
Contenido de finos (<0.063mm) (%)	≤ 5	≤ 3
Contenido de sulfatos (SO ₃) (%)	≤ 1	≤ 1
Contenido de asfalto (%)	≤ 5	≤ 10
Contenido de material cerámico (%)	≤ 100	≤ 100

(British Standard, 2001)

La norma española EHE-08 “*Instrucción de Hormigón estructural*” recomienda el uso de hormigón reciclado en un 20% de árido grueso para la elaboración de hormigón estructural, para

lo cual necesita que los residuos cumplan con las especificaciones de la tabla a continuación (Comisión Permanente del Hormigón, 2008):

Tabla 12
Composición del árido reciclado - norma española EHE-08

Requisitos	EHE-08
Absorción (%)	≤ 7
Contenido de material de densidad < 1800 kg/m ³ (%)	≤ 1
Contenido de material de densidad < 1000 kg/m ³ (&)	≤ 1
Contenido de arenas (<4mm) (%)	≤ 5
Contenido de sulfatos (SO ₃) (%)	≤ 0.8
Contenido de cloruros (%)	≤ 0.05
Contenido de asfalto (%)	≤ 1
Contenido de material cerámico (%)	≤ 5
Desclasificados inferiores (%)	≤ 10

(Comisión Permanente del Hormigón, 2008)

Asimismo, la *RILEM* en su proyecto “Reciclaje de residuos de construcción y de demolición en Bélgica: situación real y evolución futura” (2011), establece especificaciones técnicas similares a la normativa japonesa, dividiendo en dos grupos a los residuos GBSB-I, generados de escombros de ladrillos, y GBSB-II, compuestos mayormente por residuos de hormigón.

Todas estas normativas han generado cierta regulación de los RCD, desde su clasificación, características y propiedades, y las mismas han sido identificadas en cada país, dependiendo el tipo de uso y aplicación del RCD. Estas se resume en la siguiente tabla, con todas las especificaciones técnicas internacionales vigentes en el mundo (Sánchez, 2011).

Tabla 13
Especificación técnica internacional del árido reciclado

Requisitos	RILEM			Japón			Bélgica		Hong Kong	Alemania				Reino Unido		Australia	Brasil	España EHE-08
	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	G8SB I	G8SB II		Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	RCA	RA			
Densidad seca (kg/m ³)	≥1500	≥2000	≥2400	≥2200	≥2200	≥2200	≥1600	≥2100	≥2200	≥2200	≥2200	≥1800	≥1500	-	-	≥2100	-	-
Absorción (%)	≤20	≤10	≤3	≤3	≤5	≤7	≤18	≤9	≤10	≤10	≤15	≤20	-	-	-	≤10	≤12	≤7
Contenido de material de densidad <2200kg/m ³ (%)	-	≤10	≤10	-	-	-	-	≤10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Contenido de material de densidad <1800kg/m ³ (%)	≤10	≤1	≤1	-	-	-	≤10	≤1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Contenido de material de densidad <1000kg/m ³ (%)	≤1	≤0,5	≤0,5	-	-	-	≤1	≤0,5	≤40	-	-	-	-	≤1	≤1	-	-	≤1
Contenido de materiales externos (metales, vidrios) (%)	≤5	≤1	≤1	Requisitos según tabla 2			≤1	≤1	≤0,6	Requisitos según tabla 3				≤5	≤1	≤2	≤3	≤1
Índice de lajas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Índice de trituración	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≤30	-	-
Contenido de metales (%)	≤1	≤1	≤1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Contenido de materia orgánica (%)	≤1	≤0,5	≤0,5	-	-	-	≤0,5	≤0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Contenido de finos (<0,063mm) (%)	≤3	≤2	≤2	-	-	-	≤5	≤3	≤4	≤4	≤4	≤4	≤4	≤5	≤3	-	-	-
Pérdida por limpieza (%)	-	-	-	≤1	≤1	≤1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≤1	-	-
Resistencia a las heladas (%)	-	-	-	≤12	≤12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Contenido de arenas (<4mm) (%)	≤5	≤5	≤5	-	-	-	-	-	≤5	-	-	-	-	-	-	-	-	≤5
Contenido de sulfatos (SO ₃) (%)	≤1	≤1	≤1	-	-	-	≤1	≤1	≤1	-	-	-	-	≤1	≤1	-	≤1	≤0,8
Contenido de cloruros (%)	-	-	-	-	-	-	≤0,06	≤0,06	≤0,05	≤0,04	≤0,04	≤0,15	≤0,15	-	-	-	≤1	≤0,05
Contenido de asfalto (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≤1	≤1	-	≤5	≤10	-	-	≤1
Contenido de material cerámico (%)	≤100	-	-	-	-	-	≤100	-	-	-	≤30	≥80	-	≤100	≤100	-	-	≤5
Desclasificados inferiores (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≤10

(Sánchez, 2011)

Reflexión: La gestión y el manejo de residuos producidos por la industria de la construcción es uno de objetivos primordiales del mundo, para el que muchos países han emprendido políticas gubernamentales. Adicionalmente, han creado medidas que contribuyan no solo para el aprovechamiento de materias recicladas, sino también a la protección del ecosistema. Por otro lado, la falta de políticas y gestión en Ecuador, sumadas a una sociedad con una cultura de vertido insostenible, ha creado una problemática que atenta directamente contra la naturaleza. Consecuentemente, es necesario crear políticas que regulen la gestión de los RCD, e impulsar una concientización de protección del medio ambiente, desde los gestores políticos hasta los ciudadanos.

3.4. Conclusiones

- Las investigaciones realizadas en distintos lugares del mundo muestran una clara gestión del aprovechamiento del RCD como alternativa viable para su utilización. En adición, sus características mecánicas, físicas y químicas en la conformación de nuevos elementos constructivos, cumplen y satisfacen requerimientos normativos vigentes en cada región.
- El uso de agregados reciclados en bloques para mampostería estructural determina que el uso del 40% de RCD alcanza una resistencia de 16.7 MPa, la cual disminuye a 14.5 MPa al usar el 80% de RCD. Al comparar estos resultados con la norma ecuatoriana de una resistencia mínima 13.8 MPa de (NTE INEN 3066), se determina que estos nuevos bloques estructurales cumplen con lo que Ecuador requiere para este elemento.
- El uso de agregado reciclado en bloques para mampostería no estructural, con 32.5% y 36% de agregado reciclado, alcanza una resistencia de 5.3 MPa y 6.8 MPa respectivamente. En cambio, al remplazar el 100% de agregados reciclados, su resultado muestra un rango con diferencias considerables entre 3.14 MPa a 5.11 MPa. Por esta razón, existe incertidumbre en los resultados, al compararlos con la resistencia mínima 4.0 MPa de la norma ecuatoriana (NTE INEN 3066). Se necesita hacer un análisis comprobatorio para validar los resultados obtenidos en Ecuador.
- La metodología experimental empleada en cada uno de los estudios anteriormente mencionados, muestran un proceso experimental que podría ser replicado en nuestro medio, teniendo como base criterios de análisis, dosificación, materiales y resistencias, que permiten encaminar nuestra investigación a partir de un uso adecuado de residuos mayor a 36%, siendo necesario conocer las características físicas, mecánicas y químicas de los RCD de la ciudad de Riobamba y obtener una dosificación que cumpla parámetros ambientales, económicos y normativos en el Ecuador.

CAPITULO IV: MARCO METODOLÓGICO

4.1. Tipo de Estudio

Esta investigación adoptó una estrategia metodológica en dos etapas principales. La primera etapa, de investigación bibliográfica, permitió desarrollar el marco referencial fundamentado en la descripción de cada una de las metodologías, procesos experimentales y resultados obtenidos en cada caso de estudio encontrado, a nivel local y en otros países. Posteriormente, la etapa de investigación experimental enfatizó el análisis de los RCD de la ciudad de Riobamba, sujeto a la normativa ecuatoriana. De esta manera se obtuvo las propiedades mecánicas, físicas y químicas de los RCD, las dosificaciones de diseño para la elaboración del bloque hueco de hormigón, las resistencias a compresión y absorción, todo ello bajo el cumplimiento de la norma INEN 643 (resistencia a la compresión y porcentaje de absorción). Como resultado final del estudio, se formularon las conclusiones con respecto a la hipótesis planteada en la investigación.

4.2. Investigación Bibliográfica

La investigación bibliográfica se fundamentó en la recopilación de información y análisis de artículos científicos, tesis, investigaciones, normativas internacionales y nacionales, todo con relación al tema de investigación, es decir, la aplicación del uso de los residuos de construcción en la fabricación de elementos prefabricados de hormigón.

El análisis de la información buscó conocer el tipo de materiales de RCD utilizados en los diferentes artículos científicos, tesis e investigaciones, verificando la metodología experimental, el análisis y el desarrollo del tipo de elemento prefabricado. Se prestó particular atención en el resultado obtenido con el aprovechamiento del RCD como materia prima, adoptando conocimientos y fundamentos para el desarrollo de la investigación propuesta.

4.3. Investigación Experimental

La investigación experimental examinó en laboratorio el uso de los RCD para fabricar bloques de hormigón. Esta evaluación comenzó con el análisis de las propiedades mecánicas, físicas y químicas de los materiales reciclados, para determinar las características finales del bloque en su presentación final.

Las propiedades de los RCD se consiguieron a través de la implementación de las exigencias y normativas ecuatorianas como: NTE INEN 858 (Áridos. Determinación de la masa unitaria (Peso volumétrico y el porcentaje de vacíos); NTE INEN 862 (Áridos para hormigón. Determinación del contenido de Humedad); NTE INEN 856 (Áridos. Determinación de la densidad, Densidad relativa (Gravedad específica) y absorción del árido fino); NTE INEN 696 (Áridos. Análisis granulométrico en los áridos fino y grueso); NTE INEN 855 (Áridos. Determinación de impurezas). Las características de los bloques estaban de acuerdo con la norma NTE INEN 3066 (Bloques de hormigón. Requisitos y métodos de ensayo).

El desarrollo de la investigación experimental se hizo mediante un proceso sucesivo, que inició con la recolección de RCD, y prosiguió con trituración, ensayos de laboratorio a los agregados, diseño de mezcla, elaboración del bloque. También se consiguieron los resultados de pruebas de resistencia y absorción a los bloques, según el porcentaje de agregado natural y RCD utilizado. Finalmente, se ejecutó el análisis comparativo ambiental, y de costo entre el bloque generado y evitado por el uso de residuo.

4.3.1. Recolección, transporte y almacenamiento de los RCD

La recolección del RCD provino del proyecto de intervención de reasfaltado de las principales calles de la ciudad de Riobamba, con un total de 750Kg de residuo de hormigón de aceras, y 150kg de residuo de ladrillo provenientes de edificaciones. Estos fueron recolectados manualmente y transportadas en camioneta hacia el lugar de stock.



Ilustración 6. RCD hormigón (izq.) y ladrillo (der.) utilizados en la investigación.

4.3.2. Trituración de los RCD

La trituración es un procedimiento mecánico que consiste en reducir partículas de materiales de mayor tamaño a materiales granulares, según los tamaños requeridos. Para la presente investigación, la trituración de los RCD fue en dos etapas, tanto para el hormigón como para el ladrillo. Para hormigón de tamaños $< 1''$ (25.4mm) a $3/4''$ (19.05mm) hubo un proceso de trituración primaria. Posterior a ello, en tamaños no mayores de $3/8''$ (9.51mm), se realizó una trituración secundaria, tal como se muestra en la ilustración 7. De la misma manera, para el ladrillo se inició de manera manual, tratando de reducir a tamaños menores de $3/8''$ (9.51mm), y luego se llevó a cabo una trituración secundaria para reducir totalmente a polvo.



Ilustración 7. Trituradora primaria (der) y secundaria (izq.) de los RCD.



Ilustración 8. Materiales de RCD Triturado de Hormigón (izq.) y ladrillo (der).

4.3.3. Caracterización de las propiedades de los RCD

La caracterización de los RCD son aquellas técnicas experimentales, de ensayos y pruebas de laboratorio, que determinan las características mecánicas, físicas y químicas de los RCD que conformarán el bloque. Este procedimiento se llevó a cabo en el laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Chimborazo, ejecutando los ensayos descritos a continuación:

- NTE INEN 696 (Áridos. Análisis granulométrico en los áridos fino y grueso).
- NTE INEN 858 (Áridos. Determinación de la masa unitaria (Peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos).
- NTE INEN 862 (Áridos para hormigón. Determinación del contenido de Humedad).
- NTE INEN 856 (Áridos. Determinación de la densidad, Densidad relativa (Gravedad específica) y absorción del árido fino).
- NTE INEN 855 (Áridos. Determinación de impurezas).

4.3.3.1. Análisis granulométrico

Consiste en la graduación de partículas en función a sus tamaños, donde el agregado pasa a través de una serie de tamices con aberturas cuadradas, cuyas características se ajustan a la norma NTE INEN 696 (Áridos. Análisis granulométrico en los áridos fino y grueso). La designación de tamices está en relación a la abertura de la malla, medida en milímetros o en micras. Se toma en

consideración los tamaños de tamices intermedios que no cumplen la relación 1:2 de la abertura, usados frecuentemente para evitar intervalos muy grandes entre dos mallas consecutivas.



Ilustración 9. Tamices de ensayo granulométrico de los RCD.

4.3.3.2. Masa Unitaria Suelta y Compactada

Es la determinación de la masa por unidad del volumen total del árido (RCD), entre el volumen de partículas individuales y el volumen de vacíos entre partículas. El árido (RCD) se obtiene en un molde con capacidad adecuada en tres capas proporcionales, en el que finalmente se procede a enrasar y pesar. (Solo para la masa unitaria compactada se requiere de 25 golpes con una varilla lisa por capa). Después se calcula la masa unitaria suelta o compactada del árido (peso volumétrico) y el contenido de vacíos, en relación a las fórmulas que determina en la norma NTE INEN 858 (Áridos. Determinación de la masa unitaria (Peso volumétrico)).



Ilustración 10. Equipo para ensayo de masa unitaria suelta y compactada de los RCD.

4.3.3.3. Contenido de Humedad

Es la determinación del contenido de agua de una muestra de árido (RCD) en porcentaje de humedad evaporable. Luego de que el árido se encuentra en estado SSS (árido inmerso en agua durante 24 horas) se somete al secado, se determina su contenido humedad superficial y su humedad contenida en los poros del agregado. Esto se logra con un recipiente que contenga la muestra de agregado (RCD) de 500g, el cual será pesado antes de ser sometido al horno de secado por un lapso de 24 horas. Luego de ello, se lo deja enfriar, se pesa nuevamente, y se obtienen los datos necesarios para el cálculo del contenido de humedad, según lo determinado en la norma NTE INEN 862 (Áridos para hormigón. Determinación del contenido de Humedad).



Ilustración 11. Horno de secado para el contenido de humedad.

4.3.3.4. Densidad relativa (gravedad específica) y absorción

Establecen la densidad y absorción en una muestra de árido (RCD), sin incluir el volumen de vacíos entre partículas. Tras haber sumergido el material en agua por un periodo de 24 horas, el material en estado saturado (SSS) se pone en un picnómetro y agua destilada en el mismo recipiente. Así se obtiene el volumen del material desplazado y la densidad relativa del agregado. En cambio, la absorción se consigue luego de colocar una fracción del material en estado saturado (SSS) en un recipiente para ser pesado, y posteriormente se ubica en el horno de secado por otras 24 horas. Para finalizar, se deja enfriar y se pesa para obtener los datos requeridos en el cálculo del contenido de absorción, según lo especifica la norma NTE INEN 856 (Áridos. Determinación de la densidad, Densidad relativa (Gravedad específica) y absorción del árido fino.



Ilustración 12. Equipo para densidad relativa.

4.3.3.5. Impurezas (Colorimetría)

Es la determinación de la cantidad de materia orgánica existente en el agregado (RCD). Se las procesa a través de un análisis químico basado en la intensidad del color de la disolución, para lo cual, en un recipiente, se colocan una cantidad de hidróxido de sodio con agua y agregado fino de RCD. Posterior a ello, se agita por cinco minutos y se deja reposar por 24 horas, luego de lo cual se compara el color del frasco con la muestra y el comparador de colores Gardner. El tipo de color evidencia la impureza orgánica según la norma NTE INEN 855 (Áridos. Determinación de impurezas).



Ilustración 13. Ensayo de Colorimetría.

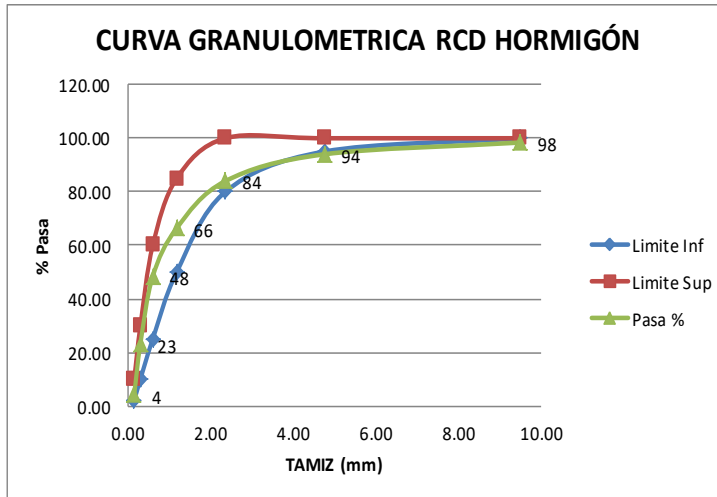
4.4. Resultados

4.4.1. Granulometría

La granulometría empleada para la investigación se sujeta a lo requerido en la normativa ecuatoriana NTE INEN 696 (Áridos. Análisis granulométrico en los áridos fino y grueso). Para los áridos provenientes de hormigón se considera tamaños nominales máximos de 3/8 (9.50mm), y de 2.36mm para áridos provenientes de ladrillo. Como resultado, la curva característica para los RCD de hormigón está dentro de los límites (inferior y superior) granulométricos establecidos en la norma. En consecuencia, se resalta que la granulometría del RCD de hormigón, al haber sido sometido a un proceso de trituración mecánica, muestra una mayor parte de este material, con un tamaño nominal máximo de 9.50mm.

Tabla 14.
Granulometría del RCD de hormigón

INFORME DE ENSAYO:		TESIS:						
GRANULOMETRIA RCD HORMIGÓN		APLICACIÓN DEL USO DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, ANÁLISIS DE COSTO E IMPACTO AMBIENTAL						
NORMA INEN 696								
DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO								
mm	Tamices	Parcial (gr) PROMEDIO	Acumulado (gr)	% Retenido	% Pasa	Limites	Límite Inferior	Límite Superior
9.50	3/8"	8.00	8.00	2	98	100.00	100.00	100.00
4.75	No. 4	22.00	30.00	6	94	95-100	95	100
2.36	No. 8	50.00	80.00	16	84	80-100	80	100
1.18	No. 16	88.00	168.00	34	66	50-85	50	85
0.60	No. 30	90.00	258.00	52	48	25-60	25	60
0.30	No. 50	126.00	384.00	77	23	30_10	10.00	30.00
0.15	No.100	95.00	479.00	96	4	2_10	2	10
	Bandeja	21.00	500.00	100	0			
		500.00						



$$MF = \frac{\sum Re \text{ (excepto bandeja)}}{100\%} = 2.81$$

Tamaño máximo: 3/8"
9.50mm

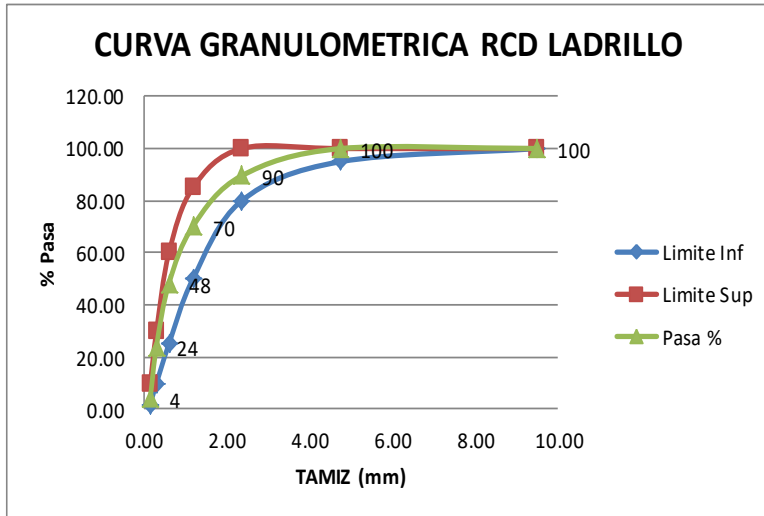
Figura 8. Curva característica RCD de hormigón (2017).

Por otro parte, el RCD de ladrillo, muestra un mayor contenido de finos en su curva característica granulométrica, colocándolo dentro de los límites (inferior y superior) granulométrico establecido en la norma. Consecuentemente, se resalta que la granulometría del RCD de ladrillo, al haber sido sometido a un proceso de trituración manual, y mecánico posteriormente, fragmentó la mayor parte de su material, con una tendencia totalmente a fino (tamaño nominal inferior de 2.26mm).

Tabla 15.

Granulometría del RCD de Ladrillo

INFORME DE ENSAYO:		TESIS:						
GRANULOMETRIA RESIDUO LADRILLO		APLICACIÓN DEL USO DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, ANÁLISIS DE COSTO E IMPACTO AMBIENTAL						
NORMA INEN 696								
DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO								
mm	Tamices	Parcial (gr) PROMEDIO	Acumulado (gr)	% Retenido	% Pasa	Limites	Límite Inferior	Límite Superior
9.50	3/8"	0.00	0.00	0	100	100.00	100.00	100.00
4.75	No. 4	0.00	0.00	0	100	95-100	95	100
2.36	No. 8	52.00	52.00	10	90	80-100	80	100
1.18	No. 16	97.00	149.00	20	70	50-85	50	85
0.60	No. 30	110.00	259.00	52	48	25-60	25	60
0.30	No. 50	120.00	379.00	76	24	30_10	10.00	30.00
0.15	No.100	100.00	479.00	96	4	2_10	2	10
	Bandeja	21.00	500.00	100	0			
		500.00						



$$MF = \frac{\sum Re \text{ (excepto bandeja)}}{100\%} = 2.64$$

Tamaño máximo: No. 8
2.36mm

Figura 9. Curva característica RCD de ladrillo (2017).

4.4.2. Masa Unitaria Suelta (MUS)

La MUS de los RCD de hormigón y ladrillo ante los agregados naturales (la arena es el material utilizado para elaboración del bloque en Riobamba), muestra que estos materiales tienen un mayor contenido de vacíos. Por esto, posee un menor peso en relación masa/volumen, de lo cual resulta que los RCD tienen un valor inferior al del agregado natural. Cabe resaltar que cada uno de los RCD tiene diferentes tamaños nominales, lo que provoca un mayor contenido de vacíos, debido al acomodamiento entre partículas, generando resultados variables entre RCD.

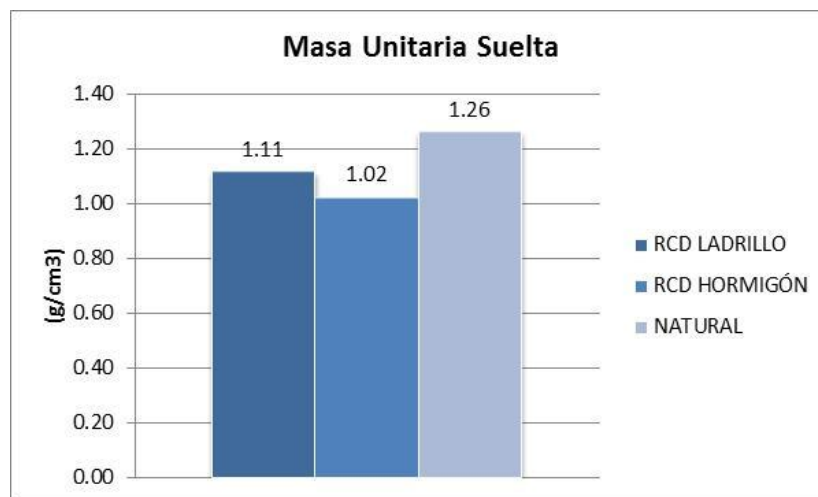


Figura 10. Resultado MUS de los agregados (2017).

4.4.3. Masa Unitaria Compactada (MUC)

La MUC de los RCD de hormigón y ladrillo ante los agregados naturales (arena, para elaborar el bloque en Riobamba) es similar a lo mencionado anteriormente en la MUS. Cabe destacar que los agregados RCD tienen un mayor contenido de vacíos, y por ende un menor peso en relación masa/volumen. De esto resultan los valores de RCD, menores al agregado natural.

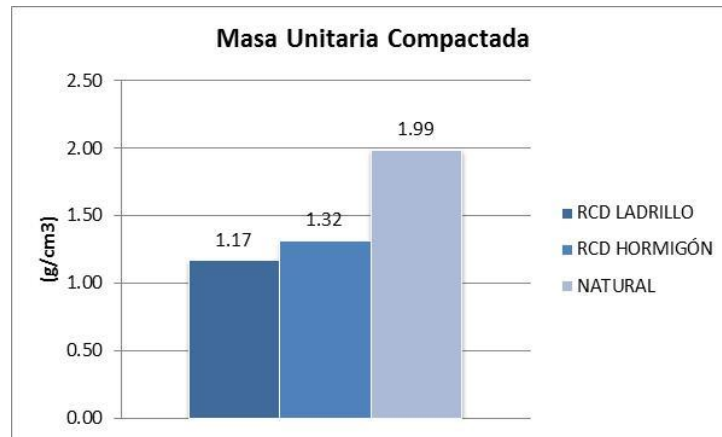


Figura 11. Resultado MUS de los agregados (2017).

4.4.4. Contenido de humedad

El contenido de humedad muestra que los RCD de hormigón y ladrillo, en comparación al agregado natural, poseen un valor mínimo que evidencia que estos materiales, al haber sido parte de un proceso constructivo anterior, difieren en sus propiedades, con un mínimo contenido de agua.

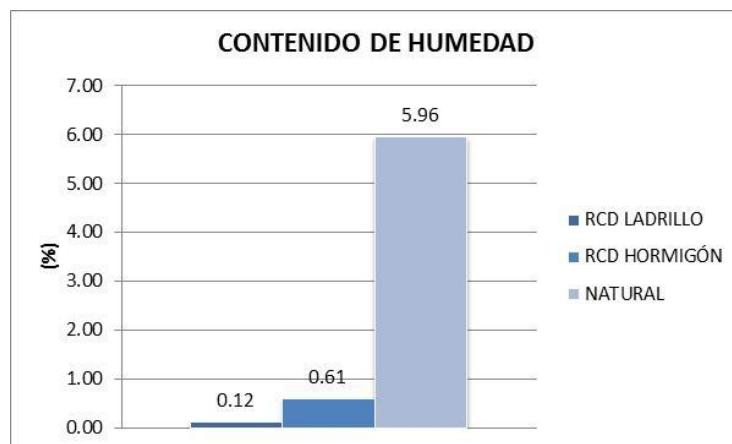


Figura 12. Contenido de humedad de los agregados (2017)

4.4.5. Porcentaje de Absorción

El porcentaje de absorción señala que los RCD de hormigón y ladrillo, en comparación a los agregados naturales, determinan un mayor contenido de porosidad, dando como resultado que el RCD de ladrillo es el material de mayor absorción. Esto se debe a su cantidad de poros y a la arcilla que lo conforma, con lo que puede absorber una mayor cantidad de agua. Por esta razón, es importante tener presente esta característica en la dosificación final del bloque.

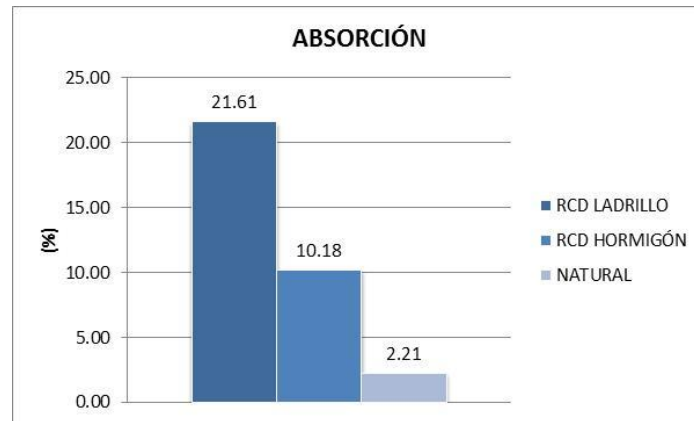


Figura 13. Contenido de humedad de los agregados (2017).

4.4.6. Peso específico

El peso específico de los RCD de hormigón y ladrillo comparado a los agregados naturales, determina un menor peso en relación a su volumen, de lo cual se resalta que los RCD son más ligeros, ya que son materias procedentes de sistemas constructivos. Por ello, los agregados naturales son materias más pesadas, debido a su pureza.

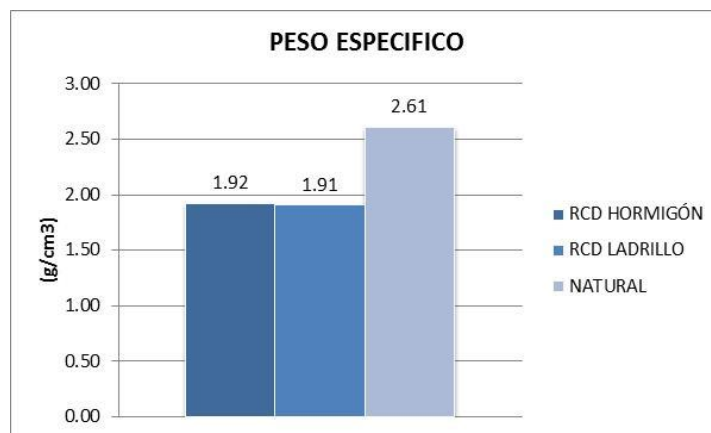


Figura 14. Peso específico de los agregados (2017).

4.4.7. Colorimetría

En el análisis químico efectuado tanto a los RCD como al agregado natural se ha determinado que son materias totalmente libres de impurezas (ver Ilustración 14).

Tabla 16.
Resultados de colorimetría

INFORMACIÓN GENERAL					
INFORME DE ENSAYO:		TESIS:			
COLORIMETRIA		APLICACIÓN DEL USO DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, ANÁLISIS DE COSTO E IMPACTO AMBIENTAL			
NORMA INEN 855		Material:	Macadan, Residuo Ladrillo, Residuo Hormigón		
DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO					
Descripción muestra	Resultados 1 Hora		Resultados 24 Horas		Organic Plate No.
	Color	Serie Garden No.	Color	Serie Garden No.	
Macadan	Amarillo Claro	5	Amarillo Claro	5	1
Residuo Ladrillo	Amarillo Claro	5	Amarillo Claro	5	1
Residuo Hormigón	Amarillo Claro	5	Amarillo Claro	5	1



Ilustración 14. Colorimetría de los agregados.

4.4.8. Diseño de mezclas

El diseño de la mezcla se hizo en función del ensayo de densidad óptima. Este se realizó entre los agregados RCD de hormigón - RCD ladrillo y RCD hormigón-, agregado natural, con una mezcla en porcentajes determinados en el ensayo. Así se pudo conseguir la máxima densidad

óptima aparente y los porcentajes de agregados (grueso y fino) para la conformación de los bloques, a partir de cada mezcla y en relación a cada densidad (ver tablas 17 y 18).



Ilustración 15. Instrumental Densidad óptima.

Tabla 17.
Porcentajes densidad Óptima RCD Hormigón VS Arena

INFORMACIÓN GENERAL							
INFORME DE ENSAYO:		TESIS:					
DENSIDAD OPTIMA		APLICACIÓN DEL USO DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, ANÁLISIS DE COSTO E IMPACTO AMBIENTAL					
MASA REC:		12700 g		VOLUMEN:		33200 cm ³	
DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO							
MEZCLA		MASA		A. FINO A AÑADIR	MASA REC+MEZCL	MASA MEZCLA	DENSIDAD APARENTE
g		g					
A. GRUESO	A.FINO	A. GRUESO	A.FINO				
100	0	35000.00			41100	28400	0.86
90	10	35000.00	3888.90	3888.90	44900	32200	0.97
80	20	35000.00	8750.00	4861.10	48100	35400	1.07
70	30	35000.00	15000.00	6250.00	48600	35900	1.08
60	40	35000.00	23300.30	8300.30	47800	35100	1.06
50	50	35000.00	35000.00	11699.70	47500	34800	1.05
DENSIDAD MAXIMA:		1.08					
DENSIDAD OPTIMA		1.08					
% A. GRUESO (D. Hormlgon)		70					
% A. FINO (Macadan)		30					

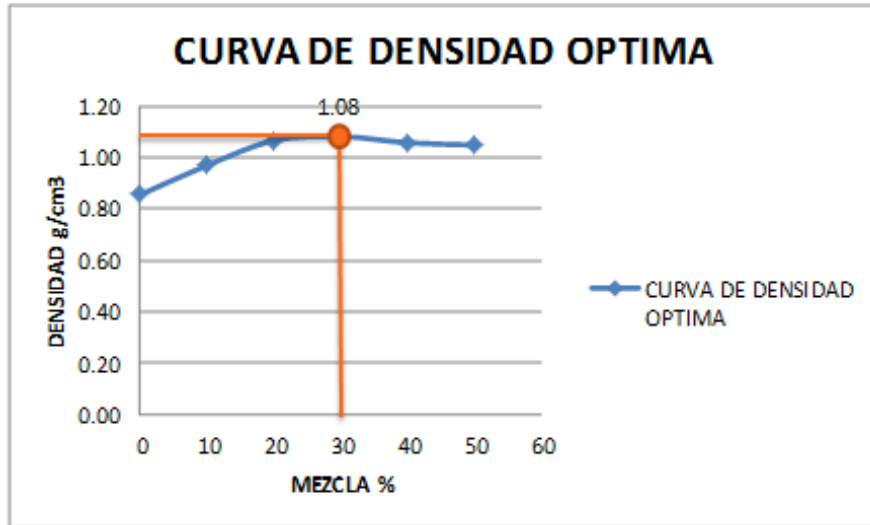


Figura 15. Curva Densidad Optima RCD Hormigón vs Arena (2017).

Tabla 18

Porcentaje de Densidad Óptima RCD Hormigón VS RCD Ladrillo

INFORMACIÓN GENERAL							
INFORME DE ENSAYO:		TESIS:					
DENSIDAD OPTIMA		APLICACION DEL USO DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCION PARA LA FABRICACION DE BLOQUES DE HORMIGÓN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, ANÁLISIS DE COSTO E IMPACTO AMBIENTAL					
MASA REC:		12700 g		VOLUMEN:		33200 cm ³	
DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO							
MEZCLA		MASA		A. FINO A AÑADIR	MASA REC+MEZCL	MASA MEZCLA	DENSIDAD APARENTE
g	g	g	g				
A. GRUESO	A. FINO	A. GRUESO	A. FINO	g	g	g	g/cm ³
100	0	35000.00			41100	28400	0.86
90	10	35000.00	3888.90	3888.90	44900	32200	0.97
80	20	35000.00	8750.00	4861.10	47800	35100	1.06
70	30	35000.00	15000.00	6250.00	48550	35850	1.08
60	40	35000.00	23300.30	8300.30	47500	34800	1.05
50	50	35000.00	35000.00	11699.70	47200	34500	1.04
DENSIDAD MAXIMA:		1.08					
DENSIDAD OPTIMA		1.08					
% A. GRUESO (D. Hormigón)		70					
% A. FINO (Ladrillo)		30					

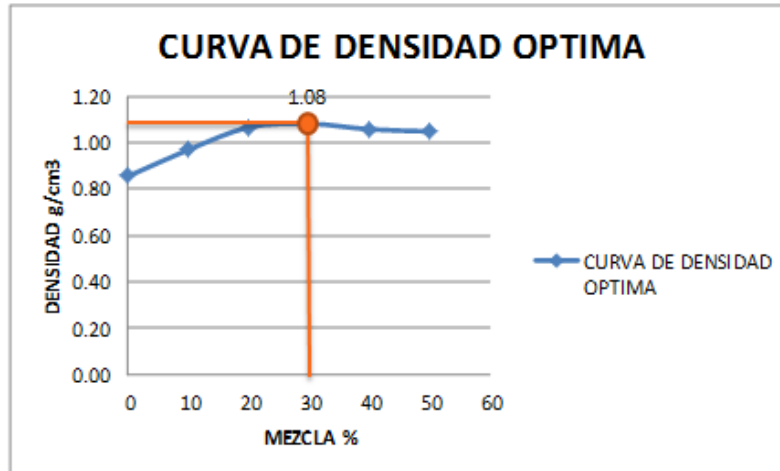


Figura 16. Curva Densidad Optima RCD Hormigón vs RCD Ladrillo (2017).

4.4.9. Tipo de mezcla

El tipo de mezclas para esta investigación tuvo como punto de partida los resultados obtenidos en el estado del arte (> 36% de RCD), junto a los valores de densidad optima encontrados en el ensayo y las propiedades físicas-mecánicas de los RCD. Se planteó el uso de cantidades de RCD del 75% y 100%, fundamentado en que, al usar mayores porcentajes de agregados reciclados, el costo es inversamente proporcional. Todo esto, sin descuidar la conservación del medio ambiente, y atendiendo el cumplimiento de la resistencia requerida en la norma ecuatoriana (INEN 3066, 2016). (Ver Tabla No. 19).

Tabla 19

Porcentaje de agregados utilizado para el diseño de mezclas evaluadas

Tipo	Descripción	% de agregado reciclado mezcla		% agregado natural (macadán)
		Hormigón	Ladrillo	
BMR1	Bloque con reciclado 75%	70 %	5 %	25 %
BMR2	Bloque con reciclado 100%	70 %	30 %	0 %

4.4.10. Diseño de dosificación

El diseño de dosificación para los bloques de tipo BMR1 y BMR2 se hizo en relación a los porcentajes de agregados, mismos que se plantearon en el diseño de mezcla para la elaboración del bloque. Se consideró las características de cada material (Peso específico, porcentaje de absorción, porcentaje de humedad, Masa Unitaria Suelta, Porcentaje de agregado y Densidad optima), la resistencia exigida para el elemento, y relación agua/cemento, como se detalla en las Tablas 20 y 21:

Tabla 20.

Diseño de dosificación para el bloque tipo BMR1

INFORMACIÓN GENERAL						
INFORME DE ENSAYO:	TESIS:					
<i>Dosificación Bloque 4 Mpa - 75% de Residuo</i>	<i>APLICACIÓN DEL USO DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, ANÁLISIS DE COSTO E IMPACTO AMBIENTAL</i>					
INGRESE DATOS						
	Dsss	δapc:	%Abs	%Hum	M.U.S	% ingreso
A. GRUESO (Residuo Horm):	1.91	-	10.18	0.61	1.02	70
A. FINO (Macadan):	2.18	-	11.03	6.91	1.48	25
A. FINO (Ladrillo):	1.92	-	21.61	0.12	1.92	5
MEZCLA:	1.08					
CEMENTO			Resistencia Requerida (Mpa):		Relación A/C:	
δ cemento:	2.99		4.00		1.04	
M.U.S cemento	0.98					

Dosificación Inicial (kg)

A	C	A.F	A.G (Res. Hor)	A.F (Res.Ladr)
2.07	1.48	2.64	6.15	0.12

Tabla 21.

Diseño de dosificación para el bloque tipo BMR2

INFORMACIÓN GENERAL						
INFORME DE ENSAYO:	TESIS:					
<i>Dosificación Bloque 4 Mpa - 100% de Residuo</i>	<i>APLICACIÓN DEL USO DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, ANÁLISIS DE COSTO E IMPACTO AMBIENTAL</i>					
INGRESE DATOS						
	Dsss	δapc:	%Abs	%Hum	M.U.S	% ingreso
A. GRUESO (Residuo Horm):	1.91	-	10.18	0.61	1.02	70
A. FINO (Macadan):	2.18	-	11.03	6.91	1.48	0
A. FINO (Ladrillo):	1.92	-	21.61	0.12	1.92	30
MEZCLA:	1.08					
CEMENTO			Resistencia Requerida (Mpa):		Relación A/C:	
δ cemento:	2.99		4.00		1.04	
M.U.S cemento	0.98					

Dosificación Inicial (kg)

A	C	A.F	A.G (Res. Hor)	A.F (Res.Ladr)
2.12	1.12	0.14	6.15	2.26

4.4.11. Elaboración de la mezcla

La mezcla se hizo manualmente, debido a que la mayoría de fábricas de bloques en la ciudad de Riobamba son artesanales, por lo que no se tuvo acceso a un equipo para el mezclado. Para la misma, se tuvo en consideración las cantidades de agregados obtenidos en el diseño de dosificación, y la relación agua/cemento para la elaboración del bloque.



Ilustración 16. Elaboración Mezcla para bloques BMR1.



Ilustración 17. Elaboración de la Mezcla para bloques BMR2.

4.4.12. Elaboración de bloques

Los bloques BMR1 Y BMR2 fueron fabricados de manera artesanal, utilizando una máquina vibro compactadora, paletas y coche para trasladar los especímenes (bloques). Para ello, se tomó en cuenta que la mezcla debía mantener una proporción apropiada en relación a/c y uniformidad de mezclado entre los agregados (RCD hormigón – RCD ladrillo - arena y RCD hormigón – RCD ladrillo). Durante la fabricación se procedió al amasado, humedeciendo los agregados con cantidades mínimas de agua hasta obtener una mezcla homogénea semi seca. Y se colocó al final en la máquina vibro-compactadora para la conformación del elemento (bloque).



Ilustración 18. Preparación de la mezcla para bloques.



Ilustración 19. Elaboración del bloque BMR1.



Ilustración 20. Elaboración del bloque BMR2.

4.4.12.1. Fraguado de bloques

Luego de ser elaborados, los bloques se ubicaron en la zona de reposo por un lapso de 48 horas, a la exposición natural de agentes climáticos. Se los cubrió con plástico, por si se presentaba lluvia, para evitar la sobresaturación y la escorrentía del cemento.



Ilustración 21. Zona de reposo para el fraguado de los bloques.

4.4.12.2. Curado de bloques

Consiste en humedecer el elemento esparciendo agua sobre toda su superficie durante 7 días, hasta alcanzar una resistencia del 60% al 65%. Durante este periodo, se evita los movimientos, cambios de posición y reubicaciones.



Ilustración 22. Curado de los bloques.

4.5. Determinación de la Resistencia a Compresión de los bloques

Este valor corresponde a la resistencia característica a la compresión a los 7, 14, 21 y 28 días de la unidad básica, con relación a la carga máximo a la rotura y el área neta. Esto se consigue con las fórmulas que se detalla según la norma ecuatoriana (INEN 3066, 2016):

Cálculo del área neta:

$$\text{Volúmen neto } (Vn), (mm^3) = \frac{Md}{D} = (Ms - Mi) \times 10^6$$

$$\text{Área neta promedio } (An), (mm^2) = \frac{Vn}{h}$$

Donde:

Vn: es el volumen neto de la unidad (mm^3).

Md: es la masa de la unidad seca al horno (kg).

D: es la densidad de la unidad seca al horno (kg/m^3).

Ms: es la masa de la unidad saturada (kg).

Mi: es la masa de la unidad sumergida (kg).

An: es el área neta promedio de la unidad (mm²).

H: es la altura promedio de la unidad (mm).

$$\text{Resistencia a compresión del área neta, (MPa)} = \frac{P_{max}}{A_n}$$

Donde:

P_{máx}: es la carga máxima de compresión, (N).

A_n: es el área neta de la unidad (mm²).

La carga máxima se registra según lo reportado en el ensayo por la máquina a compresión como se muestra en la ilustración 23.



Ilustración 23. Máquina de compresión.

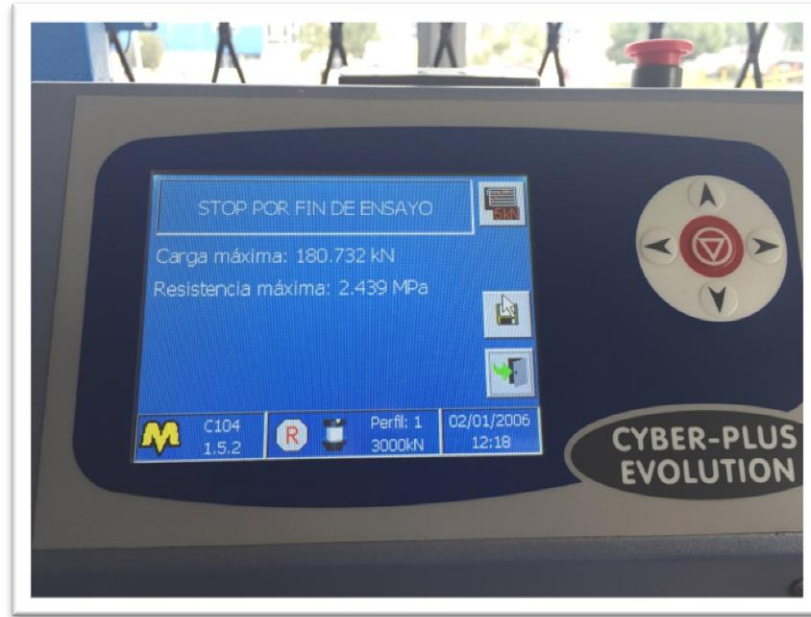


Ilustración 24. Reporte de carga máxima.

4.6. Determinación absorción de agua y densidad

Este valor determina la cantidad de agua que absorbe el espécimen después de haber sido sometido a una saturación durante 24 horas y posterior a ello se seca totalmente en el horno. A través de esto, se obtiene el porcentaje de absorción, por diferencia de masas, en relación a la masa seca del bloque. Esto determina la absorción y densidad con las fórmulas que se detalla según la norma ecuatoriana (INEN 3066, 2016):

Cálculo de absorción:

$$\text{Absorción (kg/m}^3\text{)} = \frac{M_s - M_d}{M_s - M_i} \times 1000$$

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{M_s - M_d}{M_d} \times 100$$

Donde:

M_s : es la masa de la unidad saturada (kg).

M_i : es la masa de la unidad sumergida (kg).

M_d : es la masa de la unidad seca al horno (kg).

Cálculo de densidad:

$$\text{Densidad } (D), (\text{kg}/\text{m}^3) = \frac{M_d}{M_s - M_i} \times 1000$$

Donde:

M_s : es la masa de la unidad saturada (kg)

M_i : es la masa de la unidad sumergida (kg)

M_d : es la masa de la unidad seca al horno (kg)

4.7. Análisis de costo

El análisis de costo se refiere al precio de venta en el mercado. Este proceso identifica el valor económico de cada recurso que ha intervenido para la elaboración del espécimen, considerando. Para el presente análisis se ha considerado los siguientes ítems:

- a) Equipo y herramienta.
- b) Mano de obra.
- c) Materiales.
- d) Servicios básicos.
- e) Personal administrativo.

4.8. Análisis de Impacto Ambiental

El análisis de impacto ambiental es una técnica que contribuye en la determinación de los efectos (negativos y positivos) creados en cada proceso para la conformación de un producto. Según la norma europea UNE-EN 15804, un producto debe ser analizado en todo su ciclo de vida, desde la extracción de sus materiales hasta el producto final que se implementa en la construcción (AEN/CTN 198, 2014).

Mientras tanto, Ventére (2000) propone un análisis cualitativo con la técnica de Evaluación Simplificada y Cualitativa del Ciclo de Vida (ESQCV). Dicha técnica fue desarrollada en Francia, y luego Europa, en el sector de la construcción, previo a la creación de las herramientas de ACV para productos de construcción. Por lo tanto, esta define la formulación de una matriz de evaluación donde se relacionan, cualitativamente con el compromiso del evaluador, factores ambientales y etapas del ciclo de vida del producto. No es una evaluación estricta del impacto,

sino una primera orientación en cuanto a las consecuencias inherentes, dirigidas hacia un cambio de proceso o de uso de materiales para un producto determinado.

Por otra parte, la Norma ISO 14062 especifica un proceso de eco-diseño en el que considera la integración de parámetros ambientales para el diseño de productos, ciclo de vida y los factores de impactos ambientales relevantes (AEN/CTN 150, 2007). Por tal razón, en esta investigación se implementará un análisis de evaluación ambiental, siguiendo las consideraciones de esta norma. Asimismo, se propondrá la utilización de una matriz que contenga el ciclo de vida del bloque y los factores ambientales que intervienen en cada proceso, comparando la versión inicial, fabricada con áridos naturales, y la versión fabricada con RCDs.

4.8.1. Matriz de Impacto ambiental

Para la presente investigación se generó una matriz (ver tabla 22) en la que se define una serie de factores de impactos ambientales relevantes para el ciclo de vida del bloque analizado, es decir, en el contexto de la fabricación artesanal en la sierra ecuatoriana. Además, se evalúa cada etapa del ciclo de vida del producto, siguiendo las recomendaciones de la norma ISO 14062.

4.8.1.1. Etapas del Ciclo de Vida del bloque de Riobamba

- **Excavación:** actividad que permite extraer volúmenes de tierra en los espacios donde se alberga materias primas en un área determinada de un terreno. Para esto, usualmente se utilizan máquinas tales como excavadora, retroexcavadora y cargadora frontal.
- **Trituración:** proceso de reducción de partículas en el que se transforma físicamente la materia sin alterar su naturaleza. Este proceso habitualmente requiere una trituradora (primaria o secundaria).
- **Producción:** consiste en la fabricación, elaboración u obtención del bloque. Por lo general, requiere una variedad de componentes para su generación, como materias primas, maquinaria y personal.

- **Demolición:** es un proceso totalmente mecánico donde toda sección edificada de construcción es derribada. Por lo general, este proceso requiere una excavadora, retroexcavadora, cargadora frontal, entre otras maquinarias.
- **Transporte:** corresponde al desplazamiento de objetos de un lugar (punto de origen) a otro (punto de destino), con frecuencia a través de automotores (volquetas) que se desplazan por la red vial.

4.8.1.2. Factores ambientales

A partir de las normas de eco-diseño y de análisis de ciclo de vida, citadas previamente y aplicadas en el sector de la construcción, los factores ambientales deben considerar dos aspectos fundamentales: los flujos de consumos (materias, energía) y los flujos de emisiones (contaminaciones). Por ello, en este estudio se propone considerar los flujos principales y globales relacionados con la fabricación del bloque (consumo de materiales no renovables, consumo de agua, consumo de energía), y los principales flujos de emisión en el sector (Emisiones de CO₂, Emisión de Ruido). Además, dado el aspecto fundamental de la biodiversidad en el contexto ecuatoriano, se propone tomar en cuenta un impacto sobre biodiversidad, en el ámbito biótico. Por último, se consideran los factores socio económico que refleje la microeconomía de los productores, las condiciones de trabajo, y los cambios propuestos al utilizar RCD.

- **Medio Físico:**
 - **Consumo del agua:** este recurso natural puede ser abastecido por un sistema de red pública o tanquero. Se requiere para la producción o fabricación de elementos, o según las necesidades relacionadas a la construcción. Muchas veces, la eliminación de RCD en botaderos no adecuados provoca contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, mismas que se utilizan para el abastecimiento de la ciudad. Esta forma de proceder ocasiona obstrucción en canales de riego, y colapso del alcantarillado.

- **Consumo de energía:** el abastecimiento de energía puede ser suministrado por generación propia (baterías o planta eléctrica), o a través de un sistema de conexión pública, dependiendo de la necesidad o actividad de construcción.
- **Consumo de materias no renovables:** corresponde a la extracción de materias de recursos naturales generado por sistemas mecánicos (maquinaria), que en su mayoría provoca la alteración del suelo, por erosión y suelos frágiles.
- **Emisión Combustión:** es la emisión de partículas contaminantes generadas por las acciones o necesidades concernientes a la actividad de construcción. También se relaciona con la eliminación de RCD, inevitablemente generada por el uso de combustible.
- **Ruido:** es el sonido inarticulado creado en cada una de las acciones o necesidades en la actividad de construcción, como la eliminación de RCD (transporte).

- **Medio Biótico:**

- El consumo de materias primas y la eliminación de RCD en el ecosistema produce un daño significativo en el medio ambiente, que se percibe en la remoción de especies de flora y la perturbación de especies de fauna, principalmente en los sitios donde hay minas o botaderos clandestinos.

- **Medio Socio - Económico:**

- **Impacto Social:** se deriva del desarrollo de proyectos de construcción, extracción de materias primas, demolición o eliminación de RCD, los cuales generan una mayor cantidad de trabajos. No obstante, la poca planificación en las acciones se vuelve un factor de riesgo en poblaciones cercanas, influenciado por el incremento de áreas de canteras y botaderos, pues al ubicarse en zonas urbanas, provocan un cambio en el estilo de vida de las personas.
- **Impacto Económico:** causado por el desarrollo de proyectos vinculados a la construcción, extracción de materias primas, demolición o eliminación de RCD, que requieren de recursos económicos para ejecutar las diversas acciones de construcción. También corresponde a la remediación ambiental en zonas de impacto.
- **Impacto Salud:** se deriva del desarrollo de proyectos concernientes a la construcción, extracción de materias primas, demolición o eliminación de RCD en zonas urbanas o

lugares naturales. Estas actividades ocasionan un escenario con alto riesgo para la salud y un sinnúmero de efectos para el ser humano, ya sea por su participación inadecuada, o por una exposición directa sin protección alguna.

Tabla 22.
Matriz de impacto ambiental

FACTORES AMBIENTALES		ETAPAS												
		USO DE AGREGADOS NATURALES						RE-USO DE RCD PARA LA FABRICACIÓN DEL BLOQUE DE RIOBAMBA						
		EXCAVACIÓN	TRITURACIÓN	PRODUCCIÓN	DEMOLICIÓN	TRANSPORTE	ELIMINACIÓN	EXCAVACIÓN	TRITURACIÓN	PRODUCCIÓN	DEMOLICIÓN	TRANSPORTE	ELIMINACIÓN	
ÁMBITO FÍSICO	Consumo de Agua													
	Consumo de Energía													
	Consumo de Materiales no Renovables													
	Emisión CO2													
	Ruido													
ÁMBITO BIÓTICO	Impacto Biodiversidad													
ÁMBITO SOCIO - ECONÓMICO	Impacto Social													
	Impacto Económico													
	Impacto Salud													
	SUMATORIA PARCIAL													
	SUMATORIA TOTAL													

4.8.1.3. Medición de los impactos en la matriz

Para la medición de impactos se considerará una medición binaria, en cuya matriz se colocará una marca (x) si existe un impacto notable, y se dejará en blanco si no hay incidencia de impacto. Al final se hará la sumatoria que contabilizará todos los valores, y así obtener una primera evaluación de las repercusiones creadas al utilizar agregados naturales. También se hará otra sumatoria que abarque la reutilización de RCDs. El resultado final será de gran ayuda para tener una comparación cualitativa entre los dos escenarios.

4.9. Conclusión.

Los resultados obtenidos de los RCD evidencian propiedades mecánicas, físicas y químicas diferentes a los agregados naturales. Su aprovechamiento como un agregado (artificial), al ser restituido en nuevos procesos o elementos constructivos, dependerá del tipo de RCD y sus características. Estas deberán cumplir con las normas ecuatorianas para que sean una alternativa viable que genere un beneficio económico, social y ambiental acorde al mundo en que vivimos.

El análisis de impacto ambiental es un proceso que determina los factores de incidencia sobre el medio ambiente, el cual puede ocurrir en alguna o en todas las etapas del ciclo de vida, con mediciones de impacto a corto o largo plazo. Por tal razón, es necesario considerar que la elaboración de cada producto tiene una consecuencia directa con el medio ambiente, por lo que se debe generar acciones que reduzcan estos factores y contribuyan al ecosistema.

CAPITULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La fase experimental de los bloques elaborados con RCD ha creado una variedad de resultados en cada uno de sus procedimientos, determinando las cualidades mecánicas, físicas y químicas de los agregados reciclados y las propiedades finales, todas ellas características del bloque en su producto final.

5.1. Propiedades Mecánicas del Bloque

5.1.1. Determinación de la resistencia a la compresión

Como resultado de este ensayo, se comprobó la resistencia a compresión de los bloques a edades de 7, 14, 21 y 28 días, con 3 probetas por cada edad, según lo recomendado por la norma ecuatoriana NTE INEN 3066. Se tuvo resultados que cumplen con lo requerido en la norma, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 23.

Resultados resistencia a compresión

Días	Normal	BMR1	BMR2
7	1.45	2.22	2.66
14	2.36	2.69	2.98
21	2.79	3.27	3.32
28	4.06	3.99	4.04



Figura 17. Curva resistencias a compresión de los bloques (2017).

Tabla 24.

Resistencia mínima a la compresión en bloques de hormigón a 28 días

Descripción	Resistencia neta mínima a la compresión simple (MPa)*		
	Clase A	Clase B	Clase C
Promedio de 3 bloques	13,8	4,0	1,7
Por bloque	12,4	3,5	1,4
* 1 MPa = 10,2 kg/cm ²			

(INEN 3066, 2016)

5.1.2. Determinación de densidad y absorción

Como resultado de este ensayo, se comprobó la densidad y absorción de los bloques a edades de 7, 14, 21 y 28 días, igual, con 3 probetas por edad para cada ensayo, de acuerdo con la norma ecuatoriana NTE INEN 3066. Los resultados obtenidos en las figuras 18 y 19, y su comprobación con lo requerido en la norma, se muestra a continuación:

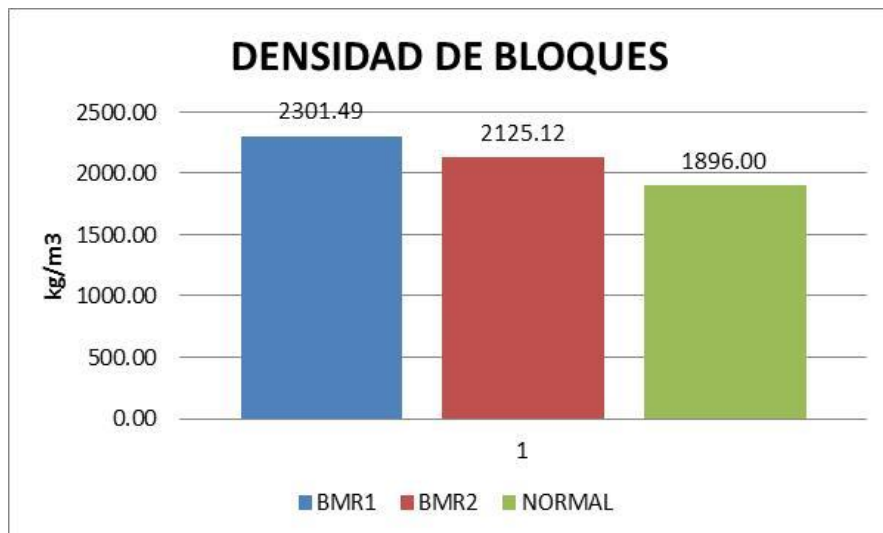


Figura 18. Resultados de densidad de los bloques (2017).

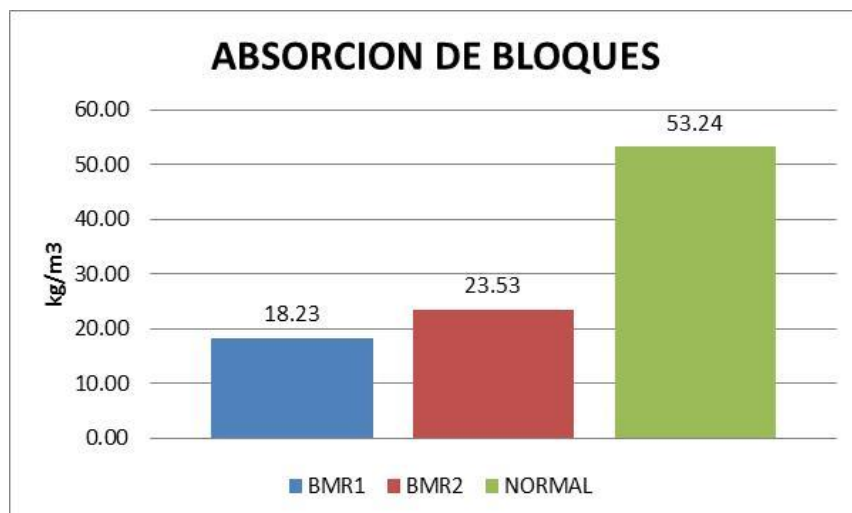


Figura 19. Resultados de absorción promedio de los bloques (2017).

Tabla 25

Absorción máxima de los bloques

Tipo	Densidad (kg/m³)	Absorción de agua máxima promedio (kg/m³)	Absorción de agua máxima por unidad (kg/m³)
Liviano	< 1 680	288	320
Medio	1 680 a 2 000	240	272
Normal	> 2 000	208	240

(INEN 3066, 2016)

Reflexión. Los resultados obtenidos determinan que los bloques elaborados, tanto con el 75% y 100% de residuo, están dentro de los parámetros requeridos en la norma NTE INEN 3066. Es decir, cumplen las resistencias por elemento mayor a 3.5 MPa, con una resistencia promedio de 4.0. MPa. Asimismo, al tener una densidad mayor a 2000 kg/m³, los bloques son considerados de tipo normal con una absorción menor a 240 kg/m³ por unidad, con un promedio menor a 208kg/m³. Esto demuestra que el uso de los RCD garantiza las propiedades requeridas en los elementos prefabricados, evidenciando que las propiedades físicas, químicas y mecánicas de estas materias recicladas son una alternativa a los agregados naturales.

5.2. Análisis de Costo

Se consideró todos los recursos presentes en la elaboración de cada caso de estudio (BM1 y BM2), para crear un análisis final comparativo entre todos los casos. De esta forma se pudo determinar el costo del bloque de mayor beneficio económico en la ciudad.

5.2.1. Costo Directo e Indirecto

5.2.1.1. Costo Directo

Son considerados todos los costos efectuados para la ejecución del trabajo, tales como equipo, mano de obra, materiales y transporte.

- **Equipo**

Tabla 26.

Costo de Equipo por unidad de bloque (BMR1 y BMR2)

<i>EQUIPO DESCRIPCION</i>	<i>COSTO REAL</i>	<i>Depreciación 10 años</i>	<i>COSTO DIA</i>	<i>NUMERO DE BLOQUES DIARIOS</i>	<i>COSTO BLOQUE</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.0012
Presa de bloques	2000.00	200.00	0.5479	600	0.0001
Paletas	16.00	1.60	0.0044	600	0.0000
Mini cargadora	33000.00	3300.00	9.0411	600	0.0019
Trituradora Primaria	150000.00	15000.00	41.0959	600	0.0086
Trituradora Secundaria	40000.00	4000.00	10.9589	600	0.0023
Coche para bloques	150.00	15.00	1.8750	600	0.0004
					0.0144

- **Mano De Obra**

Tabla 27

Costo de Mano de Obra por unidad de bloque (BMR1 y BMR2)

<i>MANO DE OBRA DESCRIPCION</i>	<i>COSTO MENSUAL</i>	<i>COSTO HOMBRE/DIA</i>	<i>NUMERO DE BLOQUES DIARIOS</i>	<i>COSTO BLOQUE</i>
Obrero	375	14.42	600	0.02
				0.02

- **Materiales**

Tabla 28

Costo de Materiales por unidad de bloque (BMR1)

MATERIALES DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO UNIT. (\$)	CANTIDAD POR BLOQUE	PRECIO POR BLOQUE
Residuo Hormigón triturado	m3	0.000	0.006	0.0000
Arena	m3	6.875	0.002	0.0138
Residuo Ladrillo	m3	0.000	0.000	0.0000
Cemento	kg	0.149	1.480	0.2205
Agua	m3	0.300	0.002	0.0006
				0.2349

Tabla 29

Costo de Materiales por unidad de bloque (BMR2)

MATERIALES DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO UNIT. (\$)	CANTIDAD POR BLOQUE	PRECIO POR BLOQUE
Residuo Hormigón triturado	m3	0.000	0.006	0.0000
Macadán	m3	6.875	0.000	0.0000
Residuo Ladrillo	m3	0.000	0.002	0.0000
Cemento	kg	0.149	1.120	0.1669
Agua	m3	0.300	0.002	0.0006
				0.1675

- **Transporte**

Para los bloques tipo BMR1, el transporte de material está incluido en el precio de venta del material pétreo natural (arena). Este no se consideró como un rubro en nuestro análisis, mientras que del tipo bloque BMR2 solo se tomó en cuenta el transporte del lugar de trabajo (escombrera) hacia el lugar de trituración.

Tabla 30

Costo de Transporte por unidad de bloque (BMR2)

TRANSPORTE	COSTO HORA	NUMERO DE BLOQUES SEMANAL	COSTO BLOQUE
Volqueta	20.00	3000	0.0067
Cargadora frontal	25.00	3000	0.0083
			0.02

5.2.1.2. Costo Indirecto

Se refiere a todos los costos que no están directamente involucrados con el producto, como los servicios básicos y administrativos.

Tabla 31

Costo Servicio Básico por unidad de bloque (BMR1 y BMR2)

SERVICIO BASICO	COSTO MENSUAL (\$)	COSTO DIARIO	NUMERO DE BLOQUES DIARIO	COSTO POR BLOQUE (\$)
LUZ	60	3.00	600	0.0050
TELÉFONO	30	1.50	600	0.0025
				0.01

Tabla 32

Costo Administrativo por unidad de bloque (BMR1 y BMR2)

ADMINISTRATIVO	COSTO MENSUAL	COSTO HOMBRE/DIA	NUMERO DE BLOQUES DIARIOS	COSTO BLOQUE
Personal Administrativo	375.00	14.42	600	0.024
				0.02

5.2.2. Costo de venta al Público

5.2.2.1. Costo bloque BMR1 (75% de residuo)

Tabla 33

Análisis de Precio por unidad de bloque

COSTO DIRECTO	
EQUIPO	0.014
MANO DE OBRA	0.024
MATERIALES	0.235
TRANSPORTE	0.000
COSTO INDIRECTO	
ADMINISTRATIVO	0.024
SERVICIO BÁSICO	0.008
TOTAL	0.30

5.2.2.2. Costo bloque BMR2 (100% de residuo)

Tabla 34

Análisis de Precio por unidad de bloque

COSTO DIRECTO	
EQUIPO	0.014
MANO DE OBRA	0.024
MATERIALES	0.167
TRANSPORTE	0.025
COSTO INDIRECTO	
ADMINISTRATIVO	0.024
SERVICIO BÁSICO	0.008
TOTAL	0.25

Reflexión: como resultado del análisis de costo de los bloques con RCD, se encuentra que el bloque que utiliza el 100% de residuo es el de mayor beneficio. Esto ocurre gracias a la utilización de materiales reciclado, que genera un ahorro de \$0.05 (ctvs. de dólar americano). Lo cual significa un beneficio económico para el productor, y también para el consumidor, quien adquiere elementos prefabricado con menor costo.

5.2.3. Análisis comparativo de costo del bloque

Tras analizar los precios de cada uno de los bloques fabricados en la investigación, se puede identificar que el bloque con mayor contenido de residuo (BMR2) es el de menor costo, lo cual refleja un ahorro económico de \$ 0.19 (ctvs. de dólar americano) por bloque. Esto significa que, al reemplazar materias primas naturales por RCD, se incentiva un mayor aprovechamiento del reciclaje, y una reutilización de materiales que ya han tenido un proceso de uso, o que son residuos generados en la construcción. De esta forma se crea una oportunidad para generar una economía social dentro de los productores artesanales que, en muchas ocasiones, no pueden adquirir las materias primas naturales por la falta de recursos económicos. Es así que los RCD permiten aprovechar y, sobre todo, potenciar esta fuente de trabajo en la ciudad de Riobamba.

Tabla 35
Precios por unidad de bloque

TIPO DE BLOQUE	COSTO (\$)
NORMAL	0.44
BMR1 (75% RESIDUO)	0.30
BMR2 (100% RESIDUO)	0.25

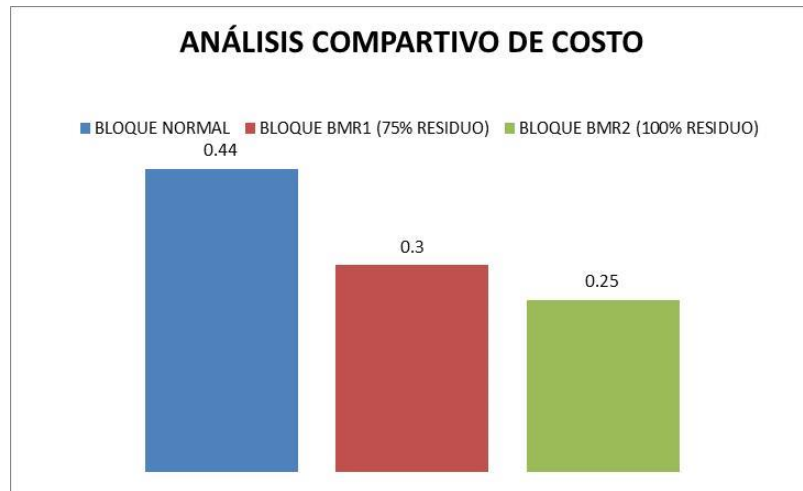


Figura 20. Resultado comparativo de costo de los bloques (2017).

Reflexión. Como resultado del análisis comparativo de costo entre el bloque convencional y los bloques de RCD, se observa que el uso de residuos genera un beneficio económico, lo cual muestra que, mientras más residuo se utilice, el costo final del bloque determina un mayor ahorro en la construcción. Esto además representa un aporte a la conservación del ecosistema, con la posibilidad de un modelo de gestión social para el aprovechamiento. De esta forma se integraría a una economía circular, misma que incentivaría el uso del RCD como alternativa y reemplazo de las materias primas naturales.

5.2.4. Evaluación financiera

5.2.4.1. Tasa Interna de retorno (TIR)

Es la rentabilidad obtenida en el proyecto en proporción al capital invertido inicial (225,166.00\$ y producción diaria 600 bloques). A mayor TIR, el proyecto es más deseable de ejecutar.

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{Fn}{(1+i)^n} = 0$$

Dónde:

T: Tiempo flujo de caja

i: Tasa de descuento

Fn: Flujo neto de efectivo

Tabla 36

Tasa Interna de retorno de bloques reciclados

Producto	TIR
Bloque con 75 % Escombros	19.00 %
Bloque con 100 % Escombros	14.00 %

5.2.4.2. Valor anual neto (VAN)

Es el valor de flujo que se genera en el proyecto menos la inversión inicial, un valor negativo representa que la inversión no es aceptable. Por el contrario, si el resultado es cero o tiene un valor positivo, la inversión es aceptable.

Tabla 37

Valor anual neto de bloques reciclados

Producto	VAN \$
Bloque con 75 % Escombros	102,460.77
Bloque con 100 % Escombros	47,856.31

Reflexión. El TIR y el VAN determinan que es un proyecto viable con un periodo de recuperación de inversión inicial de 10 años. Entonces, se puede inferir que la inversión es rentable, considerando que el precio de venta para el análisis fue el calculado en la investigación. Esta tendría un margen de incremento del costo de venta, con una reducción del tiempo de recuperación de inversión inicial. Así se podría garantizar un proyecto a largo plazo con rentabilidad y beneficio económico para los productores de la ciudad de Riobamba.

5.3. Análisis de Impacto Ambiental

El análisis de impacto ambiental es una herramienta que nos permite identificar los principales problemas que generan los RCD en el medio ambiente. Estas dificultades no solo ocurren por la manera en que son eliminados, sino también por otros factores que muchas veces no son identificados, desde su proceso de traslado hasta el lugar de eliminación. Cabe mencionar que el medio ambiente no solo comprende a los recursos naturales, también a las personas hombre y los animales que lo conforman y que, indirectamente, son parte de esta problemática.

5.3.1. Impacto ambiental al eliminar los RCD



Ilustración 25. ACV eliminación de RCD.

Cuando los agregados naturales son sometidos a extracción y eliminación como residuos en lugares no adecuados, tienen varios impactos ambientales negativos, según las condiciones particulares como el medio físico, biótico y socioeconómico (ver Tabla 38). Las etapas de eliminación son:



Ilustración 26. Etapas generadas al eliminar RCD.

Tabla 38
Matriz Impacto Ambiental al eliminar RCD

FACTORES AMBIENTALES		ETAPAS											
		USO DE AGREGADOS NATURALES						RE-USO DE RCD PARA LA FABRICACIÓN DEL BLOQUE DE RIOBAMBA					
		EXACAVACIÓN	TRITURACIÓN	PRODUCCIÓN	DEMOLICIÓN	TRANSPORTE	ELIMINACIÓN	EXACAVACIÓN	TRITURACIÓN	PRODUCCIÓN	DEMOLICIÓN	TRANSPORTE	ELIMINACIÓN
ÁMBITO FÍSICO	Consumo de Agua			x	x					x			
	Consumo de Energía	x	x	x	x	x	x						
	Consumo de Materiales no Renovables	x											
	Emisión Combustión	x	x	x	x	x	x						
	Ruido	x	x	x	x	x	x						
ÁMBITO BIÓTICO	Impacto Biodiversidad	x			x		x						
ÁMBITO SOCIO-ECONÓMICO	Impacto Social	x			x		x						
	Impacto Económico	x	x	x	x	x	x						
	Impacto Salud	x	x	x	x	x	x						
	SUMATORIA PARCIAL	8	5	6	9	5	7						
	SUMATORIA TOTAL	40						0					

5.3.2. Impacto ambiental al utilizar los RCD



Ilustración 27. ACV reutilización del RCD.

En esta investigación, los RCD fueron reciclados y reutilizados, proceso que produjo acciones positivas y negativas, las cuales fueron analizadas en la matriz de impacto ambiental. Los resultados obtenidos fueron favorables, y permiten ver la viabilidad de la propuesta planteada al utilizar RCD en bloques para la ciudad de Riobamba. En consecuencia, se disminuyen las acciones negativas causadas por la eliminación de RCD en botaderos.

- **Etapas del proyecto en el uso del RCD:**



Ilustración 28. Etapas generadas para el uso del RCD.

- **Generación de RCD y recolección:** abarca a todo desperdicio proveniente de la ejecución de obras civiles o derrocamientos de la construcción. Su recolección se efectúa mecánicamente en obra.

5.3.3. Análisis cualitativo de la matriz de Impacto Ambiental

El análisis cualitativo de la matriz del presente estudio, según cada escenario planteado (ver tabla 40), muestra que el uso de agregados naturales produce una mayor cantidad de acciones negativas, que sumadas dan 40 en total. Por otra parte, al reutilizar RCD en la elaboración de nuestro bloque, las acciones negativas suman 16. Por lo tanto, el bloque planteado, compuesto por RCD, se convierte en un nuevo material viablemente sostenible, reduciendo así las acciones negativas. De esta manera, se aporta a la conservación del ecosistema, y se reintroduce el material a un nuevo ciclo de vida.

Tabla 40.

Matriz de Impacto Ambiental: uso de agregados naturales vs. Re-uso RCD

FACTORES AMBIENTALES		ETAPAS											
		USO DE AGREGADOS NATURALES						RE-USO DE RCD PARA LA FABRICACIÓN DEL BLOQUE DE RIOBAMBA					
		EXACAVACIÓN	TRITURACIÓN	PRODUCCIÓN	DEMOLICIÓN	TRANSPORTE	ELIMINACIÓN	EXACAVACIÓN	TRITURACIÓN	PRODUCCIÓN	DEMOLICIÓN	TRANSPORTE	ELIMINACIÓN
ÁMBITO FÍSICO	Consumo de Agua			x	x					x			
	Consumo de Energía	x	x	x	x	x	x		x	x		x	
	Consumo de Materiales no Renovables	x											
	Emisión Combustión	x	x	x	x	x	x		x	x		x	
	Ruido	x	x	x	x	x	x		x	x		x	
ÁMBITO BIÓTICO	Impacto Biodiversidad	x			x		x						
ÁMBITO SOCIO-ECONÓMICO	Impacto Social	x			x		x						
	Impacto Económico	x	x	x	x	x	x		x	x		x	
	Impacto Salud	x	x	x	x	x	x		x	x		x	
	SUMATORIA PARCIAL	8	5	6	9	5	7	0	5	6	0	5	0
	SUMATORIA TOTAL	40						16					

Reflexión. El uso del RCD para nuevos procesos constructivos trae consigo un gran número de beneficios, tanto en el ámbito ambiental, social, como en el económico. Por lo tanto, se puede establecer que el RCD es un recurso aprovechable en la ciudad de Riobamba, que aportan beneficios de una economía social circular. Su utilización crearía nuevos elementos constructivos, que se reincorporarían a un nuevo ciclo de vida, creando una gestión ambiental que promueva la protección del medio ambiente.

Conclusiones

- Una vez construido el elemento prefabricado (bloque) con RCD, se puede concluir que, debido a las propiedades que lo conforman, el material reciclado es una alternativa viable que garantiza las características requeridas por la norma ecuatoriana. Además, aporta a la conservación del medio ambiente y es económicamente factible.

- Tras haber realizado los ensayos experimentales de laboratorio a los agregados reciclados de la ciudad de Riobamba, se han determinado sus características físicas, químicas y mecánicas, entre las que se identifican las siguientes propiedades principales:
 - **Contenido de humedad:** el resultado de RCD ladrillo (0.12%) y hormigón (0.61%), muestran valores con tendencia mínima en relación a los agregados naturales (5.96%). Por tal razón, se observa que el RCD, al ser un residuo proveniente de un proceso constructivo ya formado, tiene una retención mínima de agua interna, a diferencia de los agregados provenientes de cantera.
 - **Porcentaje de absorción:** los agregados de RCD ladrillo (21.61%) y hormigón (10.18%) evidencian mayor porosidad, por lo cual sus cavidades absorben agua en mayor cantidad, mientras que los agregados naturales (2.21%) son menos porosos. El RCD ladrillo sobresale como el material de mayor tendencia de absorción.
 - **Colorimetría:** los agregados de RCD (ladrillo y hormigón) no muestran ningún tipo de impureza como resultado, convirtiéndolos en materiales totalmente aprovechables.

- Luego de los ensayos a compresión y porcentaje de absorción en los bloques fabricados con RCD, se ha identificado que las propiedades cumplen con la norma ecuatoriana INEN 3066. Por ello, el bloque con mayor contenido de residuo 100% es el mejor, caracterizado con una resistencia a compresión de 4.04 MPa, superior a lo requerido en la norma (4.0 MPa); y con un porcentaje de absorción de 23.53 kg/m³, que es menor al porcentaje máximo en la norma (208 kg/m³). Por lo tanto, se ha determinado que el nuevo bloque con áridos reciclados es óptimo para su fabricación, ya que cumple con los estándares requeridos en la norma

ecuatoriana. Adicionalmente, es un modelo de prefabricado ecológico que beneficia a la conservación y cuidado del ecosistema.

- Dentro de la viabilidad económica, se puede concluir que el bloque con el mayor contenido de RCD (100% de residuo) es el de mayor rentabilidad dentro del mercado. Para esto se ha considerado un TIR del 14% y un VAN anual de \$47,856.31, con un tiempo de retorno de inversión inicial de 10 años. Esto lo hace ideal para impulsar a que la industria de la construcción opte por estos nuevos productos, que no solo generan un ahorro en la ejecución de obras civiles, sino que significa una mayor rentabilidad para los productores. Así, el uso del RCD estimula la creación de nuevas oportunidades laborales en la ciudad de Riobamba.
- Emplear el RCD en elementos prefabricados reduce el impacto ambiental causado por la eliminación de residuos de construcción en botaderos. Al utilizarlos, también se favorece la conservación del medio ambiente, a la vez que se incentiva una sociedad con una visión sostenible.
- El aprovechamiento de los RCD en nuevos elementos prefabricados constructivos es una alternativa viable de gestión para la ciudad de Riobamba, que puede adoptar un modelo sustentable y generar una economía circular con una TIR. Y al mismo tiempo, reincorpora nuevos actores, sensibles a la protección del medio ambiente. De esta manera, se prioriza el cuidado del ecosistema, al aprovechar los residuos diarios en lugar de descartarlos.

Recomendaciones

- Generar un análisis más amplio del aprovechamiento de los RCD, para que estos puedan ser reinsertados en la industria de la construcción en nuevos elementos constructivos, de forma que se amplíe el campo para su aprovechamiento. Se debe considerar todos los parámetros necesarios para reutilizar los RCD en la construcción, teniendo como objetivo final la reducción de su impacto en la naturaleza.
- Impulsar microempresas para el aprovechamiento de los RCD, como una política de gestión local y nacional, caracterizada por ser sostenible para las ciudades.
- Crear normativas que consideren a los RCD como materias primas factibles para la elaboración de elementos constructivos, pues son necesarias para garantizar su manejo óptimo en nuestro país. De esta manera, es factible obtener elementos prefabricados ecológicos con estándares de calidad.

Bibliografía

- AEN/CTN 150. (2007). *UNE-ISO/TR 14062 IN: Integración de los aspectos ambientales en el diseño y desarrollo de productos*. Madrid: AENOR.
- AEN/CTN 198. (2014). *UNE-EN 15804:2012: Sostenibilidad en la construcción*. Asociación Española de Normalización y Certificación. Madrid: AENOR.
- Andrade y Coba. (2013). *Análisis de desperdicios en la fase constructiva de un edificio y propuesta de reducción*. (Tesis pregrado), Pontifica Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- Banco Interamericano de Desarrollo. (12 de 2013). *Infraestructura sostenible para la competitividad y el crecimiento inclusivo*. (BID, Ed.) Recuperado el 20 de 06 de 2017, de <https://goo.gl/j9sXB7>
- Botasso, H.y Fesel, E. (2004). *Proyecto para el uso sistemático de residuos de construcción, demolición y procesos industriales*. Recuperado el 10 de 07 de 2017, de <https://goo.gl/DtgnCY>
- British Standard. (2001). *BS 8500-2:2002: Specification for Constituent Materials and Concret*. British Standard.
- Caicedo, S. (2015). *Estudio del uso agregados reciclados de residuos de construcción y demolición provenientes de la ciudad de Cali como material para la construcción de elementos prefabricados de concreto, Caso de los Adoquines*. Recuperado el 12 de 07 de 2017, de <https://goo.gl/hmee6c>
- Castaña,Rodriguez, Lasso, Cabrera y Ocampo. (15 de 04 de 2013). Gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) en Bogota: perspectivas y limitantes. *Tecnura*, 121-129. Recuperado el 25 de 11 de 2016
- CEDEX. (11 de 2014). *Residuos de Construcción y Demolición*. Recuperado el 01 de 06 de 2017, de <https://goo.gl/9RKfwY>
- Comisión Permanente del Hormigón. (2008). *EHE-08: Instrucción de Hormigón Estructural*. Comisión Permanente del Hormigón, Madrid.
- Constitución de la República del Ecuador. (20 de 10 de 2008). *Registro Oficial No. 449*. Recuperado el 30 de 04 de 2017, de <https://goo.gl/FpDdMy>
- Cruz, Hidalgo y Mazón. (2006). *Elaboración de manpuestos con residuos reciclados de la construcción civil y compración con las normas INEN y ASTM*. (Tesis pregrado), Escuela Politecnica del Ejercito, Sangolqui.
- DIN, G. I. (2000). *DIN 4226-1:2000 "Concrete Aggregate"*. German Institute for Standardisation.
- European Thematic Network. (March/september de 2000). *Use of recycled materials as aggregates in the construction industry*. Recuperado el 01 de 06 de 2017, de Recycling in construction: www.ETNRecy.net

- Gad Municipio de Riobamba. (21 de 07 de 2011). *Ordenanza 021-2011*. Recuperado el 30 de 04 de 2017, de <https://goo.gl/op1JTN>
- Gaitan, M. (2013). *Lineamientos para la gestión ambiental de residuos de construcción y demolición (RCD) en Bogota D.C.* (Tesis de posgrado), Pontificia Universidad Javeriana, Bogota.
- Garrido, S. (1998). *Regulación Basica de la producción y gestión de Residuos*. (F. Confemental, Ed.) Madrid: Dayenu.
- Gomez, Angulló y Vázquez. (2012). *Cualidades físicas y Mecánicas de los agregados reciclados de concreto. Aplicación en concretos*. Recuperado el 02 de 08 de 2017, de <https://goo.gl/87MfRT>
- Guzenski, F. (2015). *Impactos ambientales del sector de la construcción*. Recuperado el 18 de 07 de 2017, de <https://goo.gl/SeZLYd>
- Hidalgo y Poveda. (2013). *Obtención de adoquines fabricados con vidrio reciclado como agregado*. (Tesis de pregrado), Escuela Politecnica Nacional, Quito.
- INEC. (2013). *Información ambiental económica de empresas*. Recuperado el 17 de 08 de 2017, de <https://goo.gl/fFW55K>
- INEC. (2014). *Anuario de edificación*. Quito.
- INEN 1108. (2014). *NTE INEN 1108: Agua Potable Requisitos*. Quito.
- INEN 3066. (2016). *NTE INEN 3066: Bloques de Hormigón, Requisitos y Metodos de ensayo*. Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización, Quito.
- Jankovic, Nikolic y Bojovic. (2012). Concrete paving blocks and flags made with crushed brick as aggregate. *Construction and Building Materials*(28), 659 - 663.
- Kansai, Y. (1994). Guidelines and the Present State of the Reuse of Demolished Concrete in Japan. *RILEM proceedings*(23), 93 - 104.
- Marínez, E.y Dominguez, L. (2007). Reinserción de los residuos de construcción y demolición al ciclo de vida de la construcción de viviendas. *Ingeniería*, 11, 43-55. Obtenido de Resinserción de los residuos de construcción y demolición al ciclo de vida de la construcción de viviendas.
- Morel, Gallias, Bauchard, Mana y Rousseau. (1994). Practical Guidelines for the Use of Recycled Aggregates in Concrete in France and Spain. En RILEM, & E. Lauritzen (Ed.), *Demolition and Reuse of Concrete and Masonry* (First ed., págs. 71 - 81). London SE 1 8HN: Published by E&FN Spon.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (2013). *Evaluaciones del desempeño ambiental*. Recuperado el 12 de 08 de 2017, de <https://goo.gl/R7S52G>
- Perez, J. (2015). *Manejo sostenible de los residuos generados en las actividades de construcción y demolición de edificaciones*. (Tesis de posgrado), Universidad de Guayaquil, Guayaquil.

- Pertuz, A. (07 de 2010). Construcción y Medio Ambiente. *Módulo, 1(9)*, 105-114.
- Poon y Chan. (23 de 03 de 2005). Paving blocks made with recycled concrete aggregate and crushed clay brick. *Construction and Building Materials(20)*, 569-577.
- Poon, Kou y Lam. (05 de 01 de 2002). Use of recycled aggregates in molded concrete bricks and blocks. *Construction and Building Materials(16)*, 281 - 289.
- Pucha, F.y LLanga, X. (2010). *Propuesta de vivienda popular conformada por paredes portantes de concreto elaborado con material reciclado*. (Tesis de grado), Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba.
- Quisphe y Guevara. (2012). *Desarrollo de la metodología para producir bloques huecos de hormigón tipo A que cumpla con las especificaciones técnicas de la norma Inen 643 y su aplicabilidad en la construcción de viviendas populares tipo Miduvi*. (Tesis pregrado), Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba.
- Registro Oficial No. 166. (21 de 01 de 2014). *Ley Orgánica Reformatoria al Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización COOTAD*. Recuperado el 30 de 04 de 2017, de <https://goo.gl/msk1pp>
- Registro Oficial Suplemento 418 . (10 de 09 de 2004). *Ley de Gestión Ambiental Codificada*. Recuperado el 30 de 04 de 2017, de <https://goo.gl/ejZeoQ>
- Romero, W.y Chuquimarca, C. (2011). *Estudio del proceso de fabricación para obtener bloques huecos de hormigón para manpostería con resistencia a la compresión de 2.5 y 4 MPa en la ciudad de Riobamba*. (Tesis de pregrado), Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba.
- Sánchez, A. (2011). *Análisis de la aplicabilidad de los áridos reciclados mixtos en hormigones*. (Tesis posgrado), Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.
- Sánchez, J. (2010). Actividad económica y acción territorializada. En G. crítica (Ed.), *Espacio, economía y sociedad* (págs. 127-187). Barcelona, España: Siglo XXI de España.
- Santos, Monercillo y Garcia. (10 de 2011). *Gestión de los residuos en las obras de construcción y demolición*. (T. Ediciones, Ed.) Recuperado el 06 de 05 de 2017, de <https://goo.gl/RhrYSb>
- Schrör, H. (2011). *Environment and energy*. Eurostat.
- Soutsos, Tang y Millard. (2011). Concrete building blocks made with recycled demolition aggregate. *Construction and Building Materials(25)*, 726 - 735. Recuperado el 2017
- Terre y Burriel. (2015). *Hormigón con arido reciclado*. Recuperado el 26 de 06 de 2017, de <https://goo.gl/WBNpPe>
- Vaca, L.y Torres, M. (2008). *Diseño de un sistema de gestión para el departamentode desechos sólidos del Ilustre Municipio de Riobamba, periodo 2008-2009*. (Tesis de grado), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba.

- Valdes, G. (2011). Aplicación de los residuos de hormigón en materiales de construcción. *Ingeniería y Desarrollo*, 29(1), 17-33. Recuperado el 11 de 01 de 2017, de <https://goo.gl/XCnDjS>
- Velasco, L. (2010). *Formulación de una propuesta de gestión ambiental para la recuperación y reciclaje de materiales de construcción y demolición*. (Tesis de grado), Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira.
- Veliz, J. (2013). Reciclaje de residuos de construcción en la producción de bloques en la ciudad de Portoviejo. *ESPAMCIENCIA*, 4(2), 91-98. Recuperado el 29 de 04 de 2017
- Ventére, J. (10 de 2000). *L'eco-conception: une démarche préventive*. Recuperado el 01 de 09 de 2017, de <https://goo.gl/eHYPQ1>
- World Business Council for Sustainable Development. (07 de 2009). *Iniciativa para la sostenibilidad del Cemento (CSI)*. Recuperado el 28 de 05 de 2017, de <https://goo.gl/eVc5gV>

Anexos

Tabla 1. Resultado Ensayo Masa Unitaria Suelta Cemento Chimborazo

INFORMACIÓN GENERAL					
INFORME DE ENSAYO:		TESIS:			
<i>MASA UNITARIA SUELTA CEMENTO CHIMBORAZO</i>		<i>APLICACIÓN DEL USO DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, ANÁLISIS DE COSTO E IMPACTO AMBIENTAL</i>			
DESCRIPCIÓN		VALORES DE ENSAYO			
ENSAYO No.		1	2	3	4
<i>Masa del recipiente</i>	<i>g</i>	3159.00	3159.00	3159.00	3159.00
<i>Masa del recipiente + agua</i>	<i>g</i>	6107.00	6107.00	6107.00	6107.00
<i>Volumen del recipiente</i>	<i>cm3</i>	2948.00	2948.00	2948.00	2948.00
<i>Masa 1 = Cemento suelto + recipiente</i>	<i>g</i>	6029.00	6097.00	6068.00	6030.00
<i>Masa 2 = Cemento suelto + recipiente</i>	<i>g</i>	6052.00	6093.00	6082.00	6055.00
<i>Masa 3 = Cemento suelto + recipiente</i>	<i>g</i>	6077.00	6096.00	6077.00	6057.00
<i>Promedio masa cemento suelto + recipiente</i>	<i>g</i>	6052.67	6095.33	6075.67	6047.33
<i>Masa del cemento suelto</i>	<i>g</i>	2893.67	2936.33	2916.67	2888.33
MASA UNITARIA SUELTA (MUS)	g/cm3	0.98	1.00	0.99	0.98
NORMA INEN 858					
MASA UNITARIA SUELTA CARACTERÍSTICO					
MUS _i (1-4)	MUS _i - MUS. Prom.	$(MUS\ i - MUS.\ prom)^2$			
0.98	-0.005	0.000026			
1.00	0.009	0.000088			
0.99	0.003	0.000007			
0.98	-0.007	0.000048			
3.946743555	0.000	0.0002			
MUS.prom = Σ/n	0.987				
DESVIACIÓN ESTÁNDAR δ=	$\sqrt{\frac{\Sigma(MUS\ i - MUS\ promed)^2}{n - 1}}$				0.007503336
MUS.caract = MUS.prom-1.34 x δ	0.98				

(Raúl Carrasco M, 2017)

Tabla 2. Resultado Ensayo Peso Específico Cemento Chimborazo

INFORMACIÓN GENERAL					
INFORME DE ENSAYO:		TESIS:			
<i>PESO ESPECIFICO CEMENTO CHIMBORAZO</i>		<i>APLICACIÓN DEL USO DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, ANÁLISIS DE COSTO E IMPACTO AMBIENTAL</i>			
DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO					
DESCRIPCIÓN		VALORES DE ENSAYO			
ENSAYO No.		1	2	3	4
<i>Masa muestra de cemento</i>	<i>g</i>	64.00	64.00	64.00	64.00
<i>Volumen liquido registrado primera lectura</i>	<i>cm3</i>	0.40	0.10	0.10	0.10
<i>Volumen liquido y cemento segunda lectura</i>	<i>cm3</i>	20.50	21.20	21.20	20.60
PESO ESPECIFICO CEMENTO	g/cm3	3.12	3.02	3.02	3.11
NORMA INEN 156					
PESO ESPECIFICO CARACTERÍSTICO					
<i>PEC i (1-4)</i>	<i>PEC i - PEC. prom.</i>	<i>(PEC i - PEC. prom)²</i>			
3.12	0.0553	0.003061			
3.02	-0.0478	0.002280			
3.02	-0.0478	0.002280			
3.11	0.0402	0.001614			
12.27	0.000	0.0092			
PEC.prom = Σ/n	3.067				
DESVIACIÓN ESTÁNDAR $\delta=$	$\sqrt{\frac{\Sigma(PEC i - PEC promed)^2}{n - 1}}$			0.055486291	
Peso Esp.caract = Peso.Esp-1.34 x δ	2.992				

(Raúl Carrasco M, 2017)

Tabla 3. Resultado Ensayo Masa Unitaria Suelta Macadán

INFORMACIÓN GENERAL						
INFORME DE ENSAYO:		TESIS:				
MASA UNITARIA SUELTRA AGREGADO FINO MACADAN		APLICACIÓN DEL USO DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, ANÁLISIS DE COSTO E IMPACTO AMBIENTAL				
DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO						
DESCRIPCIÓN		VALORES DE ENSAYO				
ENSAYO No.		1	2	3	4	5
Masa del recipiente	g	3146.00	3146.00	3146.00	3146.00	3146.00
Masa del recipiente + agua	g	6061.00	6061.00	6061.00	6061.00	6061.00
Volumen del recipiente	cm ³	2915.00	2915.00	2915.00	2915.00	2915.00
Masa 1 = Árido suelto + recipiente	g	7413.00	7416.00	7409.00	7410.00	7415.00
Masa 2 = Árido suelto + recipiente	g	7481.00	7480.00	7470.00	7478.00	7485.00
Masa 3 = Árido suelto + recipiente	g	7475.00	7458.00	7460.00	7480.00	7472.00
Promedio masa árido suelto + recipiente	g	7456.33	7451.33	7446.33	7456.00	7457.33
Masa del árido suelto	g	4310.33	4305.33	4300.33	4310.00	4311.33
MASA UNITARIA SUELTA (MUS)	g/cm ³	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48
NORMA INEN 858						
MASA UNITARIA SUELTA AGREGADO FINO						
C.MUS.i (1-5)		C.MUS. i - C.MUS. prom.		(C. MUS. i – C. MUS. prom)		
1.48		0.0010		0.000001		
1.48		-0.00073		0.000001		
1.48		-0.00245		0.000006		
1.48		0.00087		0.000001		
1.48		0.00133		0.000002		
7.39		0.00000		0.000010		
MUS.prom = Σ/n		1.478				
DESVIACIÓN ESTÁNDAR δ=		$\sqrt{\frac{\sum(C.MUS. i - C.MUS.promed)^2}{n - 1}}$			0.001581604	
MUS.character = MUS.prom-1.34 x δ		1.48				

(Raúl Carrasco M, 2017)

Tabla 4. Resultado Ensayo Masa Unitaria Compactada Macadán

INFORMACIÓN GENERAL						
INFORME DE ENSAYO:		TESIS:				
MASA UNITARIA COMPACTADA AGREGADO FINO MACADAN		APLICACIÓN DEL USO DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, ANÁLISIS DE COSTO E IMPACTO AMBIENTAL				
DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO						
DESCRIPCIÓN		VALORES DE ENSAYO				
ENSAYO No.		1	2	3	4	5
Masa del recipiente	g	3146.00	3146.00	3146.00	3146.00	3146.00
Masa del recipiente + agua	g	6061.00	6061.00	6061.00	6061.00	6061.00
Volumen del recipiente	cm ³	2915.00	2915.00	2915.00	2915.00	2915.00
Masa 1 = Árido suelto + recipiente	g	8635.00	8421.00	8396.00	8410.00	8635.00
Masa 2 = Árido suelto + recipiente	g	8412.00	8415.00	8410.00	8444.00	8412.00
Masa 3 = Árido suelto + recipiente	g	8412.00	8393.00	8433.00	8410.00	8412.00
Promedio masa árido suelto + recipiente	g	8486.33	8409.67	8413.00	8421.33	8486.33
Masa del árido suelto	g	5340.33	5263.67	5267.00	5275.33	5340.33
MASA COMPACTADA (MUC)	g/cm ³	1.83	1.81	1.81	1.81	1.83
NORMA INEN 858						
MASA UNITARIA COMPACTADA AGREGADO FINO						
C.MUC.i (1-5)	C.MUC. i - C.MUC. prom.	$(C.MUC.i - C.MUC.prom)^2$				
1.83	0.0148	0.000218				
1.81	-0.0115	0.000133				
1.81	-0.0104	0.000108				
1.81	-0.0075	0.000057				
1.83	0.0148	0.000218				
9.0863	0.00000	0.000734				
MUS.prom = Σ/n	1.817					
DESVIACIÓN ESTÁNDAR δ=	$\sqrt{\frac{\Sigma(C.MUC. i - C.MUC.promed)^2}{n - 1}}$				0.013544689	
MUC.character = MUC.prom-1.34 x δ	1.80					

(Raúl Carrasco M, 2017)

Tabla 5. Resultado Ensayo Absorción Macadán

INFORMACIÓN GENERAL						
INFORME DE ENSAYO:		TESIS:				
ABSORCIÓN AGREGADO FINO MACADAN		APLICACIÓN DEL USO DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, ANÁLISIS DE COSTO E IMPACTO AMBIENTAL				
DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO						
DESCRIPCIÓN		VALORES DE ENSAYO				
ENSAYO No.		1	2	3	4	5
Masa del recipiente	g	212.00	212.00	212.00	212.00	212.00
Masa del recipiente + árido en SSS	g	712.00	712.00	712.00	712.00	712.00
Masa del árido seco + recipiente	g	662.00	661.00	662.00	661.00	662.00
Masa del árido en SSS	g	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
Masa del árido seco	g	450.00	449.00	450.00	449.00	450.00
Masa del agua contenido en el árido	g	50.00	51.00	50.00	51.00	50.00
CAPACIDAD DE ABSORCIÓN	%	11.11	11.36	11.11	11.36	11.11
CAPACIDAD CARACTERISTICO ABSORCIÓN	%	11.21				
NORMA INEN 856						
ABSORCIÓN AGREGADO FINO						
<i>C.Abs.i (1-5)</i>	<i>C.Abs. i - C.Abs. prom.</i>	<i>(C. Abs.i – C. Abs.prom)</i>				
11.11	-0.0990	0.009798				
11.36	0.1485	0.022046				
11.11	-0.0990	0.009798				
11.36	0.1485	0.022046				
11.11	-0.0990	0.009798				
56.0505	0.00000	0.073486				
MUS.prom = Σ/n	11.210					
DESVIACIÓN ESTÁNDAR δ=	$\sqrt{\frac{\Sigma(C. Abs. i - C. Abs. promed)^2}{n - 1}}$					0.135541341
Abs.caract = Abs.prom-1.34 x δ	11.03					

(Raúl Carrasco M, 2017)

Tabla 6. Resultado Contenido de Humedad Macadán

INFORMACIÓN GENERAL						
INFORME DE ENSAYO:		TESIS:				
CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO MACADAN		APLICACIÓN DEL USO DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, ANÁLISIS DE COSTO E IMPACTO AMBIENTAL				
DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO						
DESCRIPCIÓN		VALORES DE ENSAYO				
ENSAYO No.		1	2	3	4	5
Masa del recipiente	g	330.00	330.00	330.00	330.00	330.00
Masa del árido humedo + recipiente	g	830.00	830.00	830.00	830.00	830.00
Masa del árido seco + recipiente	g	794.00	796.00	798.00	794.00	793.00
Masa del árido humedo	g	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
Masa del árido seco	g	464.00	466.00	468.00	464.00	463.00
Masa del agua contenido en el árido	g	36.00	34.00	32.00	36.00	37.00
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	7.76	7.30	6.84	7.76	7.99
CONTENIDO HUMEDAD CARACTERISTICO	%	7.53				
NORMA INEN 862						
CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO						
C.H.i (1-5)	C.H. i - C.H. prom.	$(C.H.i - C.H.prom)^2$				
7.76	0.2302	0.052970				
7.30	-0.2323	0.053978				
6.84	-0.6909	0.477291				
7.76	0.2302	0.052970				
7.99	0.4629	0.214268				
37.6423	0.00000	0.851477				
MUS.prom = Σ/n	7.528					
DESVIACIÓN ESTÁNDAR $\delta=$	$\sqrt{\frac{\Sigma(C.Abs.i - C.Abs.promed)^2}{n-1}}$					0.461377515
MCH.caract = MCH.prom-1.34 x δ	6.91					

(Raúl Carrasco M, 2017)

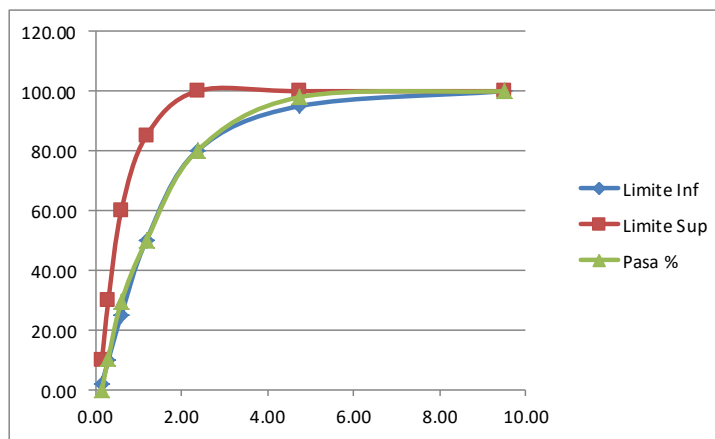
Tabla 7. Resultado Peso Específico Macadán

INFORMACIÓN GENERAL						
INFORME DE ENSAYO:		TESIS:				
PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO MACADAN		APLICACIÓN DEL USO DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, ANÁLISIS DE COSTO E IMPACTO AMBIENTAL				
DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO						
DESCRIPCIÓN		VALORES DE ENSAYO				
ENSAYO No.		1	2	3	4	5
Masa picnómetro vacío	g	417.00	417.00	417.00	417.00	417.00
Masa picnómetro vacío + árido en SSS	g	918.00	918.00	918.00	918.00	918.00
Masa picnómetro vacío + árido en SSS + agua	g	1511.00	1518.00	1510.00	1515.00	1511.00
Masa picnómetro calibrado	g	1237.00	1237.00	1237.00	1237.00	1237.00
Masa del árido en SSS	g	501.00	501.00	501.00	501.00	501.00
Volumen desalojado	cm ³	593.00	600.00	592.00	597.00	593.00
PESO ESPECIFICO	g/cm ³	2.21	2.28	2.20	2.25	2.21
PESO ESPECIFICO CARACTERISTICO	g/cm³	2.23				
NORMA INEN 856						
PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO						
<i>C.Peso.i (1-5)</i>		<i>C.Peso. i - C.Peso. prom.</i>		<i>(C. Peso.i – C. Peso.prom)²</i>		
2.21		-0.0200		0.000401		
2.28		0.0502		0.002520		
2.20		-0.0297		0.000882		
2.25		0.0196		0.000383		
2.21		-0.0200		0.000401		
11.1354		0.00000		0.004587		
Peso específico.prom = Σ/n		2.227				
DESVIACIÓN ESTÁNDAR δ=		$\sqrt{\frac{\Sigma(\text{Peso esp } i - \text{Peso esp.promed})^2}{n - 1}}$			0.033863994	
Peso esp.character = Peso esp.prom-1.34 x δ		2.18				

(Raúl Carrasco M, 2017)

Tabla 8. Resultado Granulometría Macadán

INFORMACIÓN GENERAL								
INFORME DE ENSAYO:		TESIS:						
GRANULOMETRIA MACADAN		APLICACIÓN DEL USO DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, ANÁLISIS DE COSTO E IMPACTO AMBIENTAL						
NORMA INEN 696								
DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO								
mm	Tamices	Parcial (gr) PROMEDIO	Acumulado (gr)	% Retenido	% Pasa	Limites	Límite Inferior	Límite Superior
9.50	3/8"	0.00	0.00	0	100	100.00	100.00	100.00
4.75	No. 4	10.00	10.00	2	98	95-100	95	100
2.36	No. 8	90.00	100.00	20	80	80-100	80	100
1.18	No. 16	151.00	251.00	50	50	50-85	50	85
0.60	No. 30	102.00	353.00	71	29	25-60	25	60
0.30	No. 50	94.00	447.00	89	11	30_10	10.00	30.00
0.15	No.100	53.00	500.00	100	0	2_10	2	10
	Bandeja	0.00	500.00	100	0			
		500.00						



(Raúl Carrasco M, 2017)

Tabla 9. Masa Unitaria Suelta RCD Ladrillo

INFORMACIÓN GENERAL						
INFORME DE ENSAYO:		TESIS:				
MASA UNITARIA SUELTRA AGREGADO FINO		APLICACIÓN DEL USO DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, ANÁLISIS DE COSTO E IMPACTO AMBIENTAL				
RESIDUO LADRILLO						
DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO						
DESCRIPCIÓN		VALORES DE ENSAYO				
ENSAYO No.		1	2	3	4	5
Masa del recipiente	g	3146.00	3146.00	3146.00	3146.00	3146.00
Masa del recipiente + agua	g	6061.00	6061.00	6061.00	6061.00	6061.00
Volumen del recipiente	cm ³	2915.00	2915.00	2915.00	2915.00	2915.00
Masa 1 = Árido suelto + recipiente	g	6401.00	6445.00	6406.00	6401.00	6443.00
Masa 2 = Árido suelto + recipiente	g	6398.00	6425.00	6422.00	6445.00	6435.00
Masa 3 = Árido suelto + recipiente	g	6400.00	6434.00	6445.00	6609.00	6440.00
Promedio masa árido suelto + recipiente	g	6399.67	6434.67	6424.33	6485.00	6439.33
Masa del árido suelto	g	3253.67	3288.67	3278.33	3339.00	3293.33
MASA UNITARIA SUELTA (MUS)	g/cm ³	1.12	1.13	1.12	1.15	1.13
NORMA INEN 858						
MASA UNITARIA SUELTA AGREGADO FINO						
C.MUS.i (1-5)	C.MUS. i - C.MUS. prom.		(C. MUS. i - C. MUS. prom.)²			
1.12	-0.0127		0.000161			
1.13	-0.00066		0.000000			
1.12	-0.00421		0.000018			
1.15	0.01660		0.000276			
1.13	0.00094		0.000001			
5.64	0.00000		0.000455			
MUS.prom = Σ/n	1.129					
DESVIACIÓN ESTÁNDAR δ=	$\sqrt{\frac{\Sigma(C.MUS. i - C.MUS.promed)^2}{n - 1}}$				0.010668224	
MUS.character = MUS.prom - 1.34 x δ	1.11					

(Raúl Carrasco M, 2017)

Tabla 10. Masa Unitaria Compactada RCD Ladrillo

INFORMACIÓN GENERAL						
INFORME DE ENSAYO:		TESIS:				
MASA UNITARIA COMPACTADA AGREGADO FINO RESIDUO LADRILLO		APLICACIÓN DEL USO DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, ANÁLISIS DE COSTO E IMPACTO AMBIENTAL				
DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO						
DESCRIPCIÓN		VALORES DE ENSAYO				
ENSAYO No.		1	2	3	4	5
Masa del recipiente	g	3146.00	3146.00	3146.00	3146.00	3146.00
Masa del recipiente + agua	g	6061.00	6061.00	6061.00	6061.00	6061.00
Volumen del recipiente	cm ³	2915.00	2915.00	2915.00	2915.00	2915.00
Masa 1 = Árido suelto + recipiente	g	6629.00	6552.00	6633.00	6629.00	6632.00
Masa 2 = Árido suelto + recipiente	g	6635.00	6520.00	6628.00	6552.00	6629.00
Masa 3 = Árido suelto + recipiente	g	6630.00	6545.00	6632.00	6633.00	6632.00
Promedio masa árido suelto + recipiente	g	6631.33	6539.00	6631.00	6604.67	6631.00
Masa del árido suelto	g	3485.33	3393.00	3485.00	3458.67	3485.00
MASA COMPACTADA (MUC)	g/cm ³	1.20	1.16	1.20	1.19	1.20
NORMA INEN 858						
MASA UNITARIA COMPACTADA AGREGADO FINO						
C.MUC.i (1-5)	C.MUC. i - C.MUC. prom.	(C. MUC.i - C. MUC.prom) ²				
1.20	0.0082	0.000067				
1.16	-0.0235	0.000551				
1.20	0.0081	0.000066				
1.19	-0.0009	0.000001				
1.20	0.0081	0.000066				
5.9372	0.00000	0.000750				
MUC.prom = Σ/n	1.187					
DESVIACIÓN ESTÁNDAR δ=	$\sqrt{\frac{\Sigma(C.MUC. i - C.MUC. promed)^2}{n - 1}}$				0.013692889	
MUC.caract = MUC.prom-1.34 x δ	1.17					

(Raúl Carrasco M, 2017)

Tabla 11. Absorción RCD Ladrillo

INFORMACIÓN GENERAL						
INFORME DE ENSAYO:		TESIS:				
ABSORCIÓN AGREGADO FINO RESIDUO LADRILLO		APLICACIÓN DEL USO DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, ANÁLISIS DE COSTO E IMPACTO AMBIENTAL				
DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO						
DESCRIPCIÓN		VALORES DE ENSAYO				
ENSAYO No.		1	2	3	4	5
Masa del recipiente	g	169.00	152.00	169.00	152.00	169.00
Masa del recipiente + árido en SSS	g	669.00	652.00	669.00	652.00	669.00
Masa del árido seco + recipiente	g	579.00	563.00	579.00	563.00	579.00
Masa del árido en SSS	g	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
Masa del árido seco	g	410.00	411.00	410.00	411.00	410.00
Masa del agua contenido en el árido	g	90.00	89.00	90.00	89.00	90.00
CAPACIDAD DE ABSORCIÓN	%	21.95	21.65	21.95	21.65	21.95
CAPACIDAD CARACTERISTICO ABSORCIÓN	%	21.83				
NORMA INEN 856						
ABSORCIÓN AGREGADO FINO						
<i>C.Abs.i (1-5)</i>		<i>C.Abs. i - C.Abs. prom.</i>		<i>(C. Abs.i - C. Abs.prom)</i>		
21.95		0.1187		0.014087		
21.65		-0.1780		0.031695		
21.95		0.1187		0.014087		
21.65		-0.1780		0.031695		
21.95		0.1187		0.014087		
109.1627		0.00000		0.105650		
Absorción.prom = Σ/n		21.833				
DESVIACIÓN ESTÁNDAR $\delta=$		$\sqrt{\frac{\Sigma(C. Abs. i - C. Abs. promed)^2}{n - 1}}$			0.162519304	
Abs.caract = Abs.prom-1.34 x δ		21.61				

(Raúl Carrasco M, 2017)

Tabla 12. Contenido Humedad RCD Ladrillo

INFORMACIÓN GENERAL						
INFORME DE ENSAYO:		TESIS:				
CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO RESIDUO LADRILLO		APLICACIÓN DEL USO DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, ANÁLISIS DE COSTO E IMPACTO AMBIENTAL				
DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO						
DESCRIPCIÓN		VALORES DE ENSAYO				
ENSAYO No.		1	2	3	4	5
Masa del recipiente	g	174.00	172.00	328.00	172.00	328.00
Masa del árido humedo + recipiente	g	1674.00	1672.00	1828.00	1674.00	1828.00
Masa del árido seco + recipiente	g	1671.00	1670.00	1826.00	1671.00	1825.00
Masa del árido humedo	g	1500.00	1500.00	1500.00	1502.00	1500.00
Masa del árido seco	g	1497.00	1498.00	1498.00	1499.00	1497.00
Masa del agua contenido en el árido	g	3.00	2.00	2.00	3.00	3.00
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.20	0.13	0.13	0.20	0.20
CONTENIDO HUMEDAD CARACTERISTICO	%	0.17				
NORMA INEN 862						
CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO						
C.H.i (1-5)	C.H. i - C.H. prom.	$(C.H. i - C.H. prom)^2$				
0.20	0.0268	0.000719				
0.13	-0.0401	0.001606				
0.13	-0.0401	0.001606				
0.20	0.0265	0.000704				
0.20	0.0268	0.000719				
0.8680	0.00000	0.005355				
Humedad.prom = Σ/n	0.174					
DESVIACIÓN ESTÁNDAR $\delta=$	$\sqrt{\frac{\Sigma(C.H. i - C.H. promed)^2}{n - 1}}$	0.036588209				
C.H.character = C.H.prom - 1.34 x δ	0.12					

(Raúl Carrasco M, 2017)

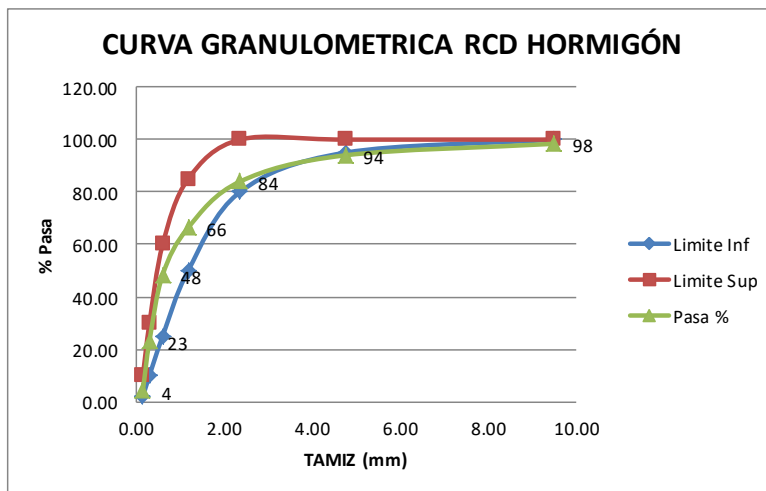
Tabla 13. Peso Específico RCD Ladrillo

INFORMACIÓN GENERAL						
INFORME DE ENSAYO:		TESIS:				
PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO RESIDUO LADRILLO		APLICACIÓN DEL USO DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, ANÁLISIS DE COSTO E IMPACTO AMBIENTAL				
DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO						
DESCRIPCIÓN		VALORES DE ENSAYO				
ENSAYO No.		1	2	3	4	5
Masa picnómetro vacío	g	417.00	417.00	417.00	417.00	417.00
Masa picnómetro vacío + árido en SSS	g	917.00	918.00	918.00	917.00	917.00
Masa picnómetro vacío + árido en SSS + agua	g	1491.00	1483.00	1480.00	1485.00	1480.00
Masa picnómetro calibrado	g	1237.00	1237.00	1237.00	1237.00	1237.00
Masa del árido en SSS	g	500.00	501.00	501.00	500.00	500.00
Volumen desalojado	cm ³	574.00	565.00	562.00	568.00	563.00
PESO ESPECIFICO	g/cm ³	2.03	1.96	1.94	1.98	1.95
PESO ESPECIFICO CARACTERISTICO	g/cm ³	1.97				
NORMA INEN 856						
PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO						
C.Peso. E.i (1-5)	C.Peso.E. i - C.Peso.E. prom.		(C. Peso.E. i – C. Peso.E. prom) ²			
2.03	0.0588		0.003454			
1.96	-0.0090		0.000082			
1.94	-0.0319		0.001017			
1.98	0.0104		0.000108			
1.95	-0.0282		0.000797			
9.8687	0.00000		0.005457			
Peso específico.prom = Σ/n	1.974					
DESVIACIÓN ESTÁNDAR δ=	$\sqrt{\frac{\sum(\text{Peso esp } i - \text{Peso esp.promed})^2}{n - 1}}$				0.036935774	
Peso esp.character = Peso esp.prom-1.34 x δ	1.92					

(Raúl Carrasco M, 2017)

Tabla 14. Granulometría RCD Ladrillo

INFORMACIÓN GENERAL								
INFORME DE ENSAYO:		TESIS:						
GRANULOMETRIA RCD HORMIGÓN		APLICACIÓN DEL USO DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, ANÁLISIS DE COSTO E IMPACTO AMBIENTAL						
NORMA INEN 696								
DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO								
mm	Tamices	Parcial (gr) PROMEDIO	Acumulado (gr)	% Retenido	% Pasa	Limites	Límite Inferior	Límite Superior
9.50	3/8"	8.00	8.00	2	98	100.00	100.00	100.00
4.75	No. 4	22.00	30.00	6	94	95-100	95	100
2.36	No. 8	50.00	80.00	16	84	80-100	80	100
1.18	No. 16	88.00	168.00	34	66	50-85	50	85
0.60	No. 30	90.00	258.00	52	48	25-60	25	60
0.30	No. 50	126.00	384.00	77	23	30_10	10.00	30.00
0.15	No.100	95.00	479.00	96	4	2_10	2	10
	Bandeja	21.00	500.00	100	0			
		500.00						



$$MF = \frac{\sum Re \text{ (excepto bandeja)}}{100\%} = 2.81$$

Tamaño máximo: 3/8"
9.50mm

(Raúl Carrasco M, 2017)

Tabla 15. Masa Unitaria Suelta RCD Hormigón

INFORMACIÓN GENERAL						
INFORME DE ENSAYO:		TESIS:				
MASA UNITARIA SUELTA A. GRUESO		APLICACIÓN DEL USO DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, ANÁLISIS DE COSTO E IMPACTO AMBIENTAL				
RESIDUO HORMIGON						
DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO						
DESCRIPCIÓN		VALORES DE ENSAYO				
ENSAYO No.		1	2	3	4	5
Masa del recipiente	g	3146.00	3146.00	3146.00	3146.00	3146.00
Masa del recipiente + agua	g	6061.00	6061.00	6061.00	6061.00	6061.00
Volumen del recipiente	cm3	2915.00	2915.00	2915.00	2915.00	2915.00
Masa 1 = Árido suelto + recipiente	g	6132.00	6133.00	6125.00	6132.00	6125.00
Masa 2 = Árido suelto + recipiente	g	6128.00	6131.00	6123.00	6133.00	6130.00
Masa 3 = Árido suelto + recipiente	g	6130.00	6130.00	6120.00	6125.00	6127.00
Promedio masa árido suelto + recipiente	g	6130.00	6131.33	6122.67	6130.00	6127.33
Masa del árido suelto	g	2984.00	2985.33	2976.67	2984.00	2981.33
MASA UNITARIA SUELTA (MUS)	g/cm3	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
NORMA INEN 858						
MASA UNITARIA SUELTA AGREGADO FINO						
C.MUS.i (1-5)	C.MUS. i - C.MUS. prom.	(C. MUS.i - C. MUS.prom)²				
1.02	0.0006	0.000000				
1.02	0.00105	0.000001				
1.02	-0.00192	0.000004				
1.02	0.00059	0.000000				
1.02	-0.00032	0.000000				
5.12	0.00000	0.000006				
MUS.prom = Σ/n	1.023					
DESVIACIÓN ESTÁNDAR δ=	$\sqrt{\frac{\Sigma(C. MUS. i - C. MUS.promed)^2}{n - 1}}$				0.001183961	
MUS.character = MUS.prom-1.34 x δ	1.02					

(Raúl Carrasco M, 2017)

Tabla 16. Masa Unitaria Compactada RCD Hormigón

INFORMACIÓN GENERAL						
INFORME DE ENSAYO:		TESIS:				
MASA UNITARIA COMPACTADA A. GRUESO RESIDUO HORMIGON		APLICACIÓN DEL USO DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, ANÁLISIS DE COSTO E IMPACTO AMBIENTAL				
DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO						
DESCRIPCIÓN		VALORES DE ENSAYO				
ENSAYO No.		1	2	3	4	5
Masa del recipiente	g	3146.00	3146.00	3146.00	3146.00	3146.00
Masa del recipiente + agua	g	6061.00	6061.00	6061.00	6061.00	6061.00
Volumen del recipiente	cm ³	2915.00	2915.00	2915.00	2915.00	2915.00
Masa 1 = Árido suelto + recipiente	g	7045.00	7051.00	6962.00	7045.00	7051.00
Masa 2 = Árido suelto + recipiente	g	7032.00	7048.00	6975.00	7051.00	7049.00
Masa 3 = Árido suelto + recipiente	g	7042.00	7047.00	6970.00	6962.00	7044.00
Promedio masa árido suelto + recipiente	g	7039.67	7048.67	6969.00	7019.33	7048.00
Masa del árido suelto	g	3893.67	3902.67	3823.00	3873.33	3902.00
MASA COMPACTADA (MUC)	g/cm ³	1.34	1.34	1.31	1.33	1.34
NORMA INEN 858						
MASA UNITARIA COMPACTADA AGREGADO FINO						
C.MU.C (1-5)	C.MUC. i - C.MUC. prom.	$(C.MUC.i - C.MUC.prom)^2$				
1.34	0.0051	0.000026				
1.34	0.0081	0.000066				
1.31	-0.0192	0.000368				
1.33	-0.0019	0.000004				
1.34	0.0079	0.000063				
6.6534	0.00000	0.000526				
MUC.prom = Σ/n	1.331					
DESVIACIÓN ESTÁNDAR $\delta=$	$\sqrt{\frac{\Sigma(C.MUC.i - C.MUC.promed)^2}{n - 1}}$					0.011470899
MUC. caract = MUC.prom - 1.34 x δ	1.32					

(Raúl Carrasco M, 2017)

Tabla 17. Absorción RCD Hormigón

INFORMACIÓN GENERAL						
INFORME DE ENSAYO:		TESIS:				
ABSORCIÓN AGREGADO GRUESO RESIDUO HORMIGON		APLICACIÓN DEL USO DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, ANÁLISIS DE COSTO E IMPACTO AMBIENTAL				
DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO						
DESCRIPCIÓN		VALORES DE ENSAYO				
ENSAYO No.		1	2	3	4	5
Masa del recipiente	g	499.00	247.00	458.00	499.00	247.00
Masa del recipiente + árido en SSS	g	2800.00	2544.00	2782.00	2800.00	2544.00
Masa del árido seco + recipiente	g	2573.00	2326.00	2535.00	2573.00	2326.00
Masa del árido en SSS	g	2301.00	2297.00	2324.00	2301.00	2297.00
Masa del árido seco	g	2074.00	2079.00	2077.00	2074.00	2079.00
Masa del agua contenido en el árido	g	227.00	218.00	247.00	227.00	218.00
CAPACIDAD DE ABSORCIÓN	%	10.95	10.49	11.89	10.95	10.49
CAPACIDAD CARACTERISTICO ABSORCIÓN	%	10.95				
NORMA INEN 856						
ABSORCIÓN AGREGADO FINO						
<i>C.Abs.i (1-5)</i>		<i>C.Abs. i - C.Abs. prom.</i>		$(C. Abs.i - C. Abs.prom)^2$		
10.95		-0.0057		0.000033		
10.49		-0.4650		0.216186		
11.89		0.9414		0.886204		
10.95		-0.0057		0.000033		
10.49		-0.4650		0.216186		
54.7538		0.00000		1.318641		
C. Absorción.prom = Σ/n		10.951				
DESVIACIÓN ESTÁNDAR $\delta=$		$\sqrt{\frac{\Sigma(C. Abs. i - C. Abs.promed)^2}{n - 1}}$			0.574160441	
C.Abs.caract = C.Abs.prom-1.34 x δ		10.18				

(Raúl Carrasco M, 2017)

Tabla 18. Contenido de Humedad RCD Hormigón

INFORMACIÓN GENERAL						
INFORME DE ENSAYO:		TESIS:				
CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO RESIDUO HORMIGON		APLICACIÓN DEL USO DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, ANÁLISIS DE COSTO E IMPACTO AMBIENTAL				
DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO						
DESCRIPCIÓN		VALORES DE ENSAYO				
ENSAYO No.		1	2	3	4	5
Masa del recipiente	g	169.00	152.00	560.00	169.00	152.00
Masa del árido humedo + recipiente	g	1669.00	1652.00	2060.00	1669.00	1652.00
Masa del árido seco + recipiente	g	1659.00	1638.00	2045.00	1657.00	1642.00
Masa del árido humedo	g	1500.00	1500.00	1500.00	1500.00	1500.00
Masa del árido seco	g	1490.00	1486.00	1485.00	1488.00	1490.00
Masa del agua contenido en el árido	g	10.00	14.00	15.00	12.00	10.00
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.67	0.94	1.01	0.81	0.67
CONTENIDO HUMEDAD CARACTERISTICO	%	0.82				
NORMA INEN 862						
CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO						
C.H.i (1-5)		C.H. i - C.H. prom.		$(C.H. i - C.H. prom)^2$		
0.67		-0.1491		0.022216		
0.94		0.1219		0.014868		
1.01		0.1899		0.036065		
0.81		-0.0137		0.000189		
0.67		-0.1491		0.022216		
4.1010		0.00000		0.095555		
Humedad.prom = Σ/n		0.820				
DESVIACIÓN ESTÁNDAR δ =		$\sqrt{\frac{\Sigma(C.H. i - C.H. promed)^2}{n - 1}}$			0.154559611	
M.C.H.character = M.C.H.prom - 1.34 x δ		0.61				

(Raúl Carrasco M, 2017)

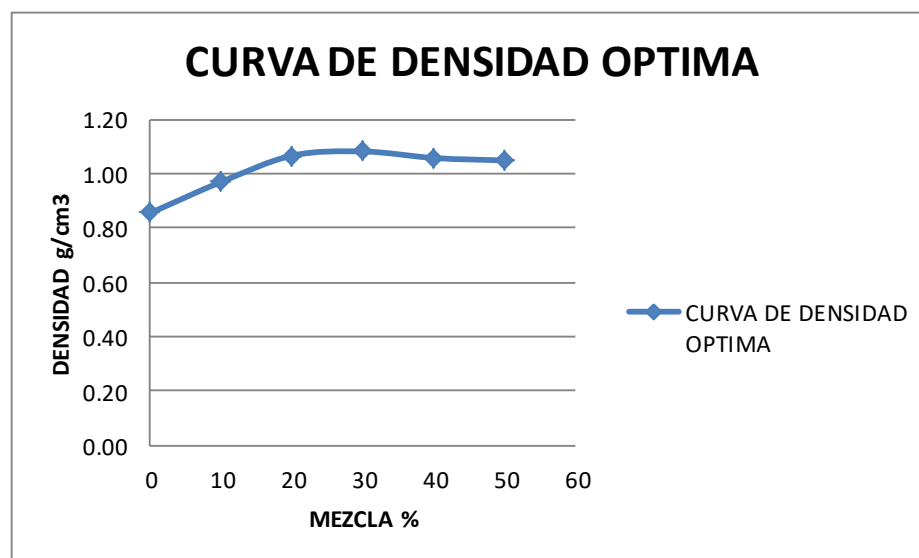
Tabla 19. Peso Específico RCD Hormigón

INFORMACIÓN GENERAL						
INFORME DE ENSAYO:		TESIS:				
PESO ESPECIFICO AGREGADO GRUESO RESIDUO HORMIGON		APLICACIÓN DEL USO DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, ANÁLISIS DE COSTO E IMPACTO AMBIENTAL				
DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO						
DESCRIPCIÓN		VALORES DE ENSAYO				
ENSAYO No.		1	2	3	4	5
Masa recipiente vacío	g	499.00	247.00	458.00	247.00	458.00
Masa recipiente + árido en SSS	g	2748.00	2494.00	2716.00	2494.00	2716.00
Masa canastilla sumegida	g	115.20	115.20	115.20	115.20	115.20
Masa canastilla + árido sumergido	g	1189.20	1195.90	1189.80	1195.85	1192.80
Masa del árido en SSS	g	2249.00	2247.00	2258.00	2247.00	2258.00
Masa del árido en agua	g	1074.00	1080.70	1074.60	1080.65	1077.60
Volumen desalojado	cm ³	1175.00	1166.30	1183.40	1166.35	1180.40
PESO ESPECIFICO	g/cm ³	1.91	1.93	1.91	1.93	1.91
PESO ESPECIFICO CARACTERISTICO	g/cm ³	1.92				
NORMA INEN 856						
PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO						
<i>C.Peso. E.i (1-5)</i>		<i>C.Peso.E. i - C.Peso.E. prom.</i>		<i>(C. Peso.E. i – C. Peso.E. prom)²</i>		
1.91		-0.0036		0.000013		
1.93		0.0090		0.000081		
1.91		-0.0096		0.000092		
1.93		0.0089		0.000079		
1.91		-0.0047		0.000022		
9.5881		0.00000		0.000286		
Peso especifico.prom = Σ/n		1.918				
DESVIACIÓN ESTÁNDAR δ=		$\sqrt{\frac{\sum(\text{Peso esp } i - \text{Peso esp.promed})^2}{n - 1}}$			0.008460782	
Peso esp.character = Peso esp.prom-1.34 x δ		1.91				

(Raúl Carrasco M, 2017)

Tabla 20. Densidad Óptima RCD Hormigón - Arena

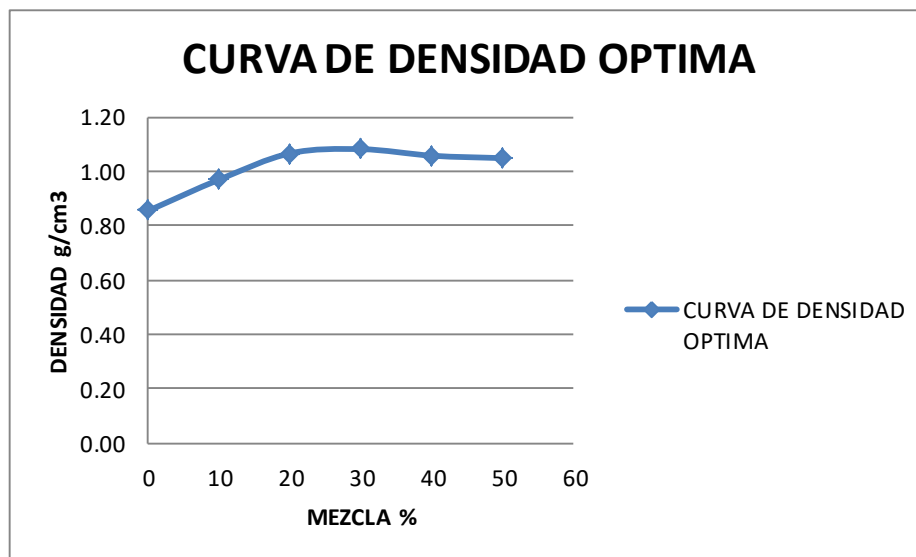
INFORMACIÓN GENERAL							
INFORME DE ENSAYO:		TESIS:					
DENSIDAD OPTIMA		APLICACIÓN DEL USO DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, ANÁLISIS DE COSTO E IMPACTO AMBIENTAL					
MASA REC: 12700 g		VOLUMEN: 33200 cm ³					
DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO							
MEZCLA g		MASA g		A. FINO A AÑADIR g	MASA REC+MEZCL g	MASA MEZCLA g	DENSIDAD APARENTE g/cm ³
A. GRUESO	A.FINO	A. GRUESO	A.FINO				
100	0	35000.00			41100	28400	0.86
90	10	35000.00	3888.90	3888.90	44900	32200	0.97
80	20	35000.00	8750.00	4861.10	48100	35400	1.07
70	30	35000.00	15000.00	6250.00	48600	35900	1.08
60	40	35000.00	23300.30	8300.30	47800	35100	1.06
50	50	35000.00	35000.00	11699.70	47500	34800	1.05
DENSIDAD MAXIMA:		1.08					
DENSIDAD OPTIMA		1.08					
% A. GRUESO (D. Hormigon)		70					
% A. FINO (Macadan)		30					



(Raúl Carrasco M, 2017)

Tabla 21. Densidad Óptima RCD Hormigón – RCD Ladrillo

INFORMACIÓN GENERAL							
INFORME DE ENSAYO:		TESIS:					
DENSIDAD OPTIMA		APLICACION DEL USO DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCION PARA LA FABRICACION DE BLOQUES DE HORMIGÓN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, ANÁLISIS DE COSTO E IMPACTO AMBIENTAL					
MASA REC: 12700 g		VOLUMEN: 33200 cm ³					
DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO							
MEZCLA g		MASA g		A. FINO A AÑADIR g	MASA REC+MEZCL g	MASA MEZCLA g	DENSIDAD APARENTE g/cm ³
A. GRUESO	A.FINO	A. GRUESO	A.FINO				
100	0	35000.00			41100	28400	0.86
90	10	35000.00	3888.90	3888.90	44900	32200	0.97
80	20	35000.00	8750.00	4861.10	47800	35100	1.06
70	30	35000.00	15000.00	6250.00	48550	35850	1.08
60	40	35000.00	23300.30	8300.30	47500	34800	1.05
50	50	35000.00	35000.00	11699.70	47200	34500	1.04
DENSIDAD MAXIMA:		1.08					
DENSIDAD OPTIMA		1.08					
% A. GRUESO (D. Hormigón)		70					
% A. FINO (Ladrillo)		30					



(Raúl Carrasco M, 2017)

Tabla 22. Resultados Ensayo a compresión bloque tipo BMR1

INFORMACIÓN GENERAL												
INFORME DE ENSAYO:	TESIS:											
COMPRESIÓN BLOQUES 4 Mpa - 75% Residuo	APLICACIÓN DEL USO DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, ANÁLISIS DE COSTO E IMPACTO AMBIENTAL											
DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO												
DESCRIPCIÓN	Dimensiones (mm)			Masa (kg)	Área BRUTA de ensayo (mm ²)	Área NETA de ensayo (mm ²)	Máxima Carga P _{max} (N)	Esfuerzo BRUTO de compresión (M Pa)	Esfuerzo NETO de compresión (M Pa)	Edad de la muestra	Forma de la muestra	Observaciones
	Lado b (mm)	Lado L (mm)	Espesor e (mm)									
Bloque de Hormigón de pared # 01	120	380	190.00	9.78	72200.0	43850.0	152944	2.1	3.5	7 días	Bloque hueco de Hormigón	
Bloque de Hormigón de pared # 02	120	380	190.00	9.75	72200.0	43850.0	170464	2.4	3.9	7 días	Bloque hueco de Hormigón	
Bloque de Hormigón de pared # 03	120	380	190.00	9.89	72200.0	43850.0	156391	2.2	3.6	7 días	Bloque hueco de Hormigón	
								RESISTENCIA COMPRESIÓN (MPa):	2.22			
Descripción	Dimensiones (mm)			Masa (kg)	Área BRUTA de ensayo (mm ²)	Área NETA de ensayo (mm ²)	Máxima Carga P _{max} (N)	Esfuerzo BRUTO de compresión (M Pa)	Esfuerzo NETO de compresión (M Pa)	Edad de la muestra	Forma de la muestra	Observaciones
	Lado b (mm)	Lado L (mm)	Espesor e (mm)									
Bloque de Hormigón de pared # 01	120	380	190.00	9.45	72200.0	43850.0	189349	2.6	4.3	14 días	Bloque hueco de Hormigón	
Bloque de Hormigón de pared # 02	120	380	190.00	9.45	72200.0	43850.0	195309	2.7	4.5	14 días	Bloque hueco de Hormigón	
Bloque de Hormigón de pared # 03	120	380	190.00	9.734	72200.0	43850.0	197032	2.7	4.5	14 días	Bloque hueco de Hormigón	
								RESISTENCIA COMPRESIÓN (MPa):	2.69			
Descripción	Dimensiones (mm)			Masa (kg)	Área BRUTA de ensayo (mm ²)	Área NETA de ensayo (mm ²)	Máxima Carga P _{max} (N)	Esfuerzo BRUTO de compresión (M Pa)	Esfuerzo NETO de compresión (M Pa)	Edad de la muestra	Forma de la muestra	Observaciones
	Lado b (mm)	Lado L (mm)	Espesor e (mm)									
Bloque de Hormigón de pared # 01	120	380	190.00	9.76	72200.0	43850.0	234730	3.3	5.4	21 días	Bloque hueco de Hormigón	
Bloque de Hormigón de pared # 02	120	380	190.00	9.73	72200.0	43850.0	233581	3.2	5.3	21 días	Bloque hueco de Hormigón	
Bloque de Hormigón de pared # 03	120	380	190.00	9.77	72200.0	43850.0	240043	3.3	5.5	21 días	Bloque hueco de Hormigón	
								RESISTENCIA COMPRESIÓN (MPa):	3.27			
Descripción	Dimensiones (mm)			Masa (kg)	Área BRUTA de ensayo (mm ²)	Área NETA de ensayo (mm ²)	Máxima Carga P _{max} (N)	Esfuerzo BRUTO de compresión (M Pa)	Esfuerzo NETO de compresión (M Pa)	Edad de la muestra	Forma de la muestra	Observaciones
	Lado b (mm)	Lado L (mm)	Espesor e (mm)									
Bloque de Hormigón de pared # 01	120	380	190.00	9.96	72200.0	43850.0	281302	3.9	6.4	28 días	Bloque hueco de Hormigón	
Bloque de Hormigón de pared # 02	120	380	190.00	9.851	72200.0	43850.0	285720	4.0	6.5	28 días	Bloque hueco de Hormigón	
Bloque de Hormigón de pared # 03	120	380	190.00	9.91	72200.0	43850.0	297247	4.1	6.8	28 días	Bloque hueco de Hormigón	
								RESISTENCIA COMPRESIÓN (MPa):	3.99			

(Raúl Carrasco M, 2017)

Tabla 23. Resultados Ensayo a compresión bloque tipo BMR2

INFORMACIÓN GENERAL												
INFORME DE ENSAYO:		TESIS:										
COMPRESIÓN BLOQUES 4 Mpa - 100% Residuo		APLICACIÓN DEL USO DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, ANÁLISIS DE COSTO E IMPACTO AMBIENTAL										
DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO												
DESCRIPCIÓN		VALORES DE ENSAYO										
Descripción	Dimensiones (mm)			Masa (kg)	Área BRUTA de ensayo (mm ²)	Área NETA de ensayo (mm ²)	Máxima Carga P _{max} (N)	Esfuerzo BRUTO de compresión (MPa)	Esfuerzo NETO de compresión (MPa)	Edad de la muestra	Forma de la muestra	Observaciones
	Lado b (mm)	Lado L (mm)	Espesor e (mm)									
Bloque de Hormigón de pared # 01	120	380	190.00	10.18	72200.0	43850.0	196458	2.7	4.5	7 días	Bloque hueco de Hormigón	
Bloque de Hormigón de pared # 02	120	380	190.00	10.30	72200.0	43850.0	206295	2.9	4.7	7 días	Bloque hueco de Hormigón	
Bloque de Hormigón de pared # 03	120	380	190.00	10.10	72200.0	43850.0	173408	2.4	4.0	7 días	Bloque hueco de Hormigón	
								RESISTENCIA COMPRESIÓN (MPa):	2.66			
Descripción	Dimensiones (mm)			Masa (kg)	Área BRUTA de ensayo (mm ²)	Área NETA de ensayo (mm ²)	Máxima Carga P _{max} (N)	Esfuerzo BRUTO de compresión (MPa)	Esfuerzo NETO de compresión (MPa)	Edad de la muestra	Forma de la muestra	Observaciones
	Lado b (mm)	Lado L (mm)	Espesor e (mm)									
Bloque de Hormigón de pared # 01	120	380	190.00	10.38	72200.0	43850.0	216563	3.0	4.9	14 días	Bloque hueco de Hormigón	
Bloque de Hormigón de pared # 02	120	380	190.00	10.18	72200.0	43850.0	192221	2.7	4.4	14 días	Bloque hueco de Hormigón	
Bloque de Hormigón de pared # 03	120	380	190.00	10.20	72200.0	43850.0	235807	3.3	5.4	14 días	Bloque hueco de Hormigón	
								RESISTENCIA COMPRESIÓN (MPa):	2.98			
Descripción	Dimensiones (mm)			Masa (kg)	Área BRUTA de ensayo (mm ²)	Área NETA de ensayo (mm ²)	Máxima Carga P _{max} (N)	Esfuerzo BRUTO de compresión (MPa)	Esfuerzo NETO de compresión (MPa)	Edad de la muestra	Forma de la muestra	Observaciones
	Lado b (mm)	Lado L (mm)	Espesor e (mm)									
Bloque de Hormigón de pared # 01	120	380	190.00	10.04	72200.0	43850.0	231857	3.2	5.3	21 días	Bloque hueco de Hormigón	
Bloque de Hormigón de pared # 02	120	380	190.00	10.39	72200.0	43850.0	227980	3.2	5.2	21 días	Bloque hueco de Hormigón	
Bloque de Hormigón de pared # 03	120	380	190.00	10.19	72200.0	43850.0	259430	3.6	5.9	21 días	Bloque hueco de Hormigón	
								RESISTENCIA COMPRESIÓN (MPa):	3.32			
Descripción	Dimensiones (mm)			Masa (kg)	Área BRUTA de ensayo (mm ²)	Área NETA de ensayo (mm ²)	Máxima Carga P _{max} (N)	Esfuerzo BRUTO de compresión (MPa)	Esfuerzo NETO de compresión (MPa)	Edad de la muestra	Forma de la muestra	Observaciones
	Lado b (mm)	Lado L (mm)	Espesor e (mm)									
Bloque de Hormigón de pared # 01	120	380	190.00	9.92	72200.0	43850.0	290239	4.0	6.6	28 días	Bloque hueco de Hormigón	
Bloque de Hormigón de pared # 02	120	380	190.00	10.19	72200.0	43850.0	290997	4.0	6.6	28 días	Bloque hueco de Hormigón	
Bloque de Hormigón de pared # 03	120	380	190.00	10.42	72200.0	43850.0	294390	4.1	6.7	28 días	Bloque hueco de Hormigón	
								RESISTENCIA COMPRESIÓN (MPa):	4.04			

(Raúl Carrasco M, 2017)



Ilustración 1. Ensayo a compresión
(Raúl Carrasco M, 2017)



Ilustración 2. Resultado obtenido ensayo a compresión de 7 días boque tipo BRM1
(Raúl Carrasco M, 2017)



Ilustración 3. Fisura generada en el espécimen por el ensayo a compresión
(Raúl Carrasco M, 2017)



Ilustración 4. Resultado obtenido ensayo a compresión de 14 días boque tipo BRM1
(Raúl Carrasco M, 2017)



Ilustración 5. Resultado obtenido ensayo a compresión de 21 días boque tipo BRM1 (Raúl Carrasco M, 2017)



Ilustración 6. Resultado obtenido ensayo a compresión de 21 días boque tipo BRM1
Fuente: Raúl Carrasco M, 2017



Ilustración 7. Bloques tipo BRM1
Fuente: Raúl Carrasco M, 2017



Ilustración 8. Bloques tipo BRM2

Fuente: Raúl Carrasco M, 2017