

UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU” DE LAS VILLAS
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA



Trabajo de Diploma

**VALORACIÓN TEÓRICO – METODOLÓGICA DEL PROCESO DE RECICLADO
DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN**

Autora:

ARLIETY PÉREZ AGUILA

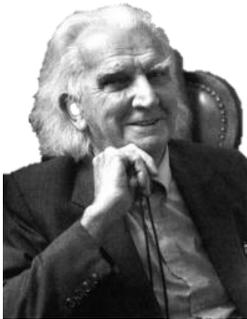
Tutoras:

MSc. MACYURI ÁLVAREZ LUNA
Dra. GRISEL BARRIOS CASTILLO

Santa Clara
Curso 2015-2016

Pensamiento





Debemos usar el interludio del presente para desarrollar una nueva tecnología que esté basada en un flujo de materiales, tales que las únicas fuentes de provisiones del hombre sean sus propios desechos.

Kenneth E. Boulding

Dedicatoria



En especial a mi mamá, por su inmenso amor, entrega y comprensión; por ser en mi vida lo más importante.

A mi papá por todo su sacrificio y su apoyo incondicional durante toda la carrera.

A mi tía Elena que siempre estuvo presente en toda mi carrera, y me deseo siempre lo mejor para salir adelante.

A mis abuelas Mireya y Antonia que aunque no pudieron estar presentes son mi luz en todo momento, mis eternas protectoras.

Agradecimientos



A mi mamá que tanto la quiero y ella a mí, por toda la grandeza que significa, por tenerla presente cuando la necesito y poder contar con ella siempre.

A mi papá que también quiero, por todo el esfuerzo que ha hecho hasta este momento, porque yo consiga mi meta.

A mi Tati César por ser mi fortaleza y hacerme sentir 3MSC.

A las superpoderosas Lisay y Mavis por todo la comprensión y el esfuerzo que hemos hecho por conseguir terminar con éxito nuestra carrera.

A mi tutora Macyuri y su esposo Jorge Luis por todo su tiempo y apoyo sin su ayuda no hubiera sido posible este trabajo.

A mi casi hermana Lisi, a Lisnay (Dury) y Claudia por estar siempre apoyándome y sacarme del estrés cuando pensaba que no podía.

A mis tinguíjuelas Jenny y Gaby, a mi prima Isabella que a pesar de su corta edad siempre logran distraerme y hacerme feliz desmedidamente.

A mis primos Gleidy, Lizzeth, Yoel y Pedro por ayudarme cuando todo se tornaba imposible.

A Ale por su gran apoyo desde la distancia.

A Neida, Pablo, Anaivia, Mario y Jose por darme ánimos para continuar.

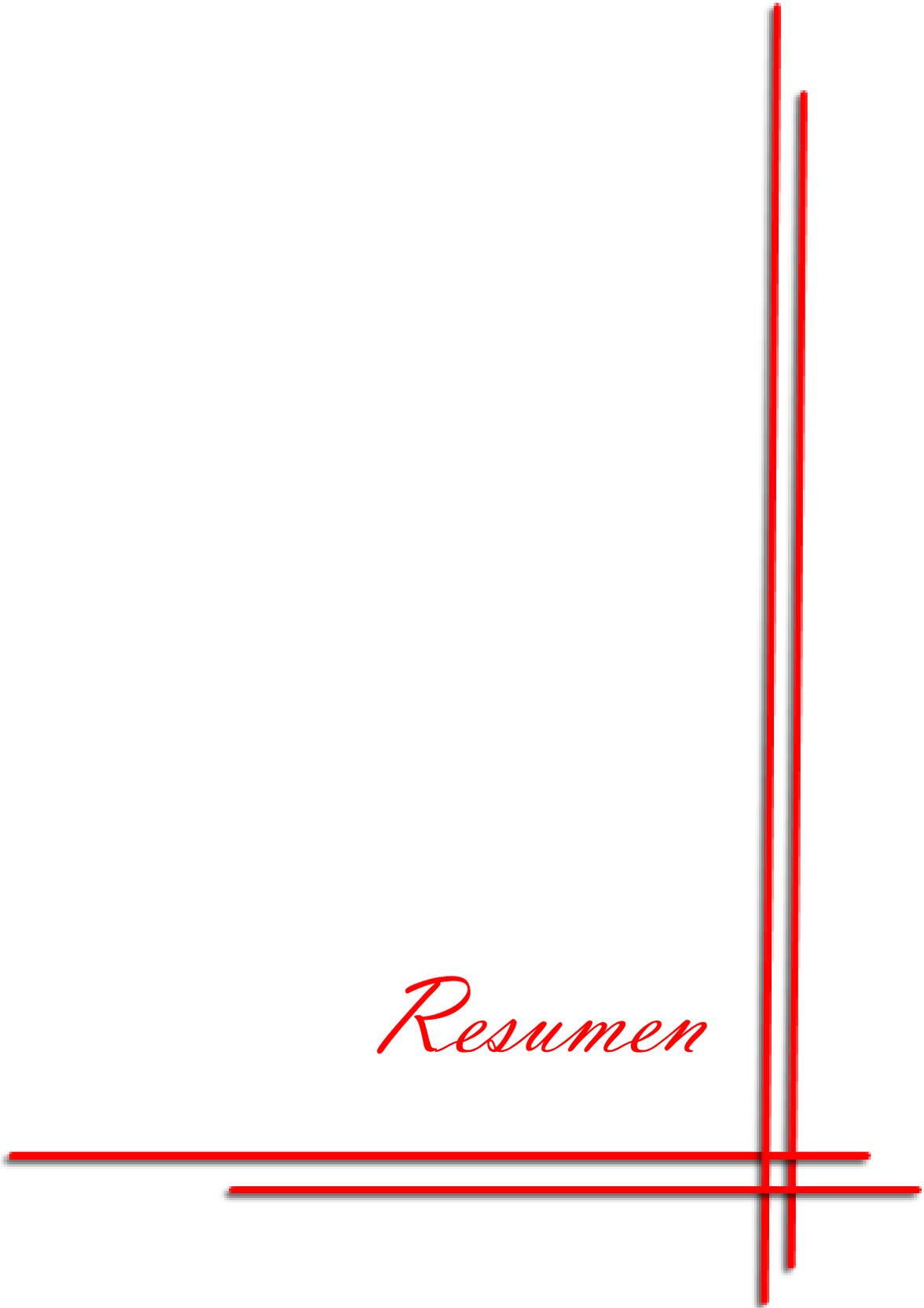
A todos mis familiares y amigos que de una forma u otra brindaron su apoyo y colaboración.

A mis compañeros de estudios de la carrera de economía, a los que culminaron, a los que aún les falta y a los que no están, juntos pasamos años muy lindos y difíciles, llenos de obstáculos, de todos aprendí.

A los excelentes profesores que tuve en toda la carrera, el rigor me hizo más fuerte.

A mi Blondy por darme calma y alegría.

Resumen



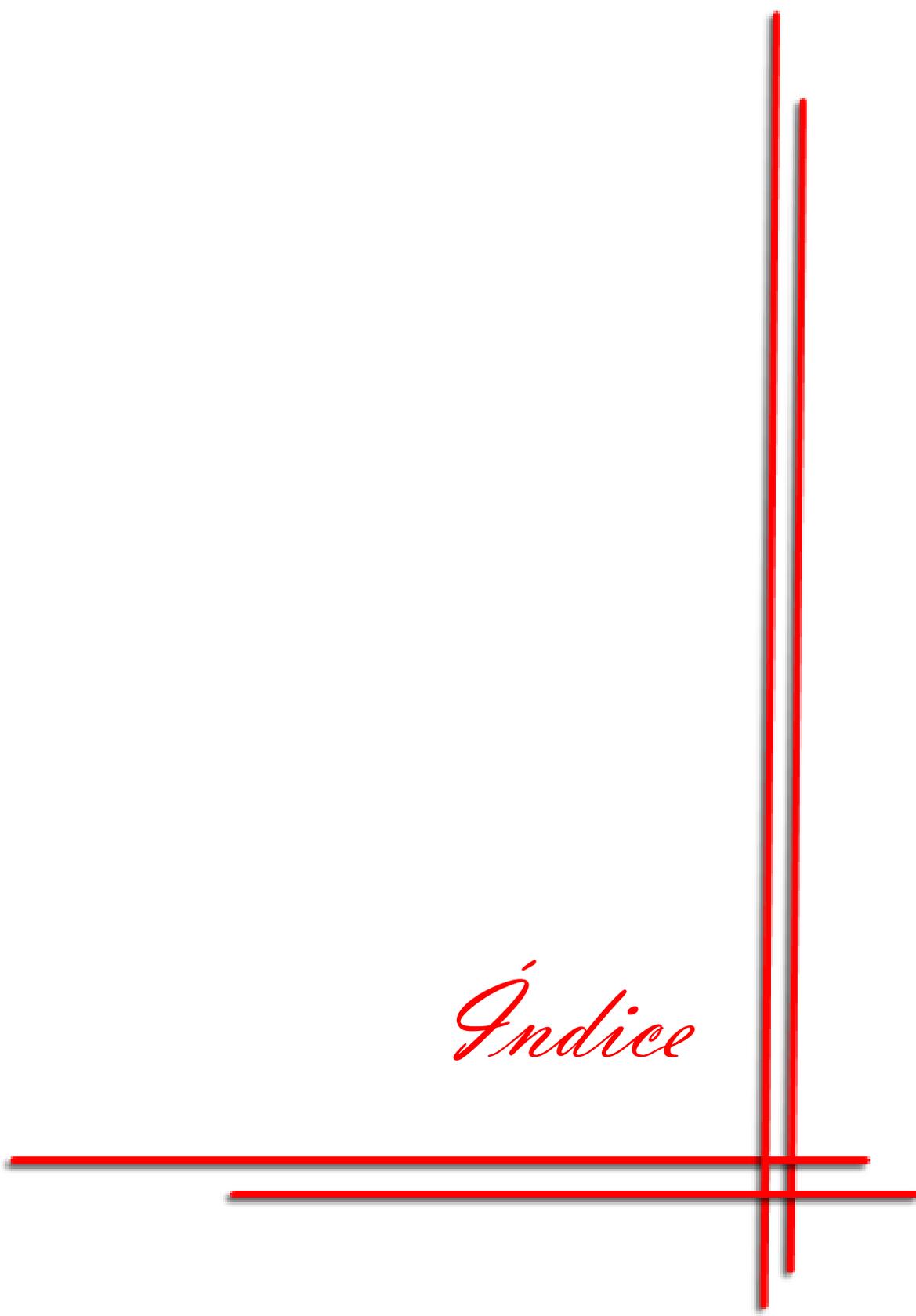
Resumen

El continuo aumento de la población a lo largo de la historia de la humanidad y la oleada de adelantos tecnológicos ha traído consigo la aparición de grandes volúmenes de residuos y con esto el aumento de los impactos negativos sobre el ecosistema. Dentro del grupo de los residuos salen a relucir los RCD, debido que poseen una serie de bondades que le permiten convertirse en un material alternativo (árido reciclado) utilizado por el sector de la construcción en disímiles producciones. La mayor problemática que plantean estos no es su alto volumen de generación sino sus formas de tratamiento. Los países más industrializados logran alcanzar un mayor rigor en la planificación, organización, ejecución y control, obteniendo las mayores tasas de reciclaje, en casos como Holanda y Dinamarca por encima del 90%. Mientras que en países latinoamericanos la situación es bastante deprimente presentando graves problemas a la hora de gestionar estos recursos, ejemplo de esto es nuestro país el cual no cuenta con leyes dirigidas hacia el tratamiento de los RCD, ni con los encadenamientos necesarios por cada uno de los organismos, que permita la creación de un modelo de gestión integral.

Summary

The continuous increase in population throughout the history of mankind and the wave of technological advances has brought the emergence of large volumes of waste and thereby increasing the negative impacts on the ecosystem. Within the group of waste RCD come to light because they have a number of benefits that allow you to become an alternative material (recycled aggregate) used by the construction sector in dissimilar productions. The biggest problem posed by these high volume is not their generation, but their forms of treatment. Most industrialized countries fail to achieve a greater rigor in the planning, organization, execution and control, obtaining the highest recycling rates in cases like Holland and Denmark above 90%. While in Latin America the situation is quite depressing to present serious problems in managing these resources, example of this is our country which has no laws directed towards the treatment of RCD, or the necessary linkages for each of agencies, allowing the creation of an integrated management model.

Índice



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	I
CAPÍTULO I. FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y METODOLÓGICOS RELACIONADOS CON EL PROCESO DEL RECICLADO DE LOS RCD	1
1.1 Residuos. Generalidades.....	1
1.1.1 Surgimiento y evolución histórica del término residuo	1
1.1.2 Conceptos fundamentales sobre los residuos	2
1.1.3 Clasificación de los residuos	5
1.2 Los Residuos de la Construcción y Demolición (RCD). Generalidades	7
1.2.1 Conceptos fundamentales de los RCD	7
1.2.2 Clasificación de los RCD	11
1.3 Reciclaje de los residuos de construcción y demolición	15
1.3.1 Proceso de los RCD.....	15
1.4 Áridos reciclados como solución alternativa del sector de la construcción	20
1.4.1 Conceptos fundamentales sobre los áridos reciclados	20
1.4.2 Clasificación de los áridos reciclados	21
1.4.3 Aplicaciones de los áridos reciclados.....	23
1.5 Normativas internacionales y nacionales de los RCD.....	24
1.5.1 Surgimiento de las normativas residuales	24
1.5.2 Normativas internacionales y nacionales	25
1.6 Desarrollo Sostenible.....	31
CAPÍTULO II. EXPERIENCIAS INTERNACIONALES Y NACIONALES DEL PROCESO DE RECICLADO DE LOS RCD	34
2.1 Experiencias internacionales	34
2.1.1 Orígenes del reciclaje en la industria de la construcción mundial	34
2.1.2 Unión Europea (UE).....	36
2.1.3 Países latinoamericanos.....	39
2.2 Experiencias en Cuba	41
2.2.1 La Habana	44
2.2.2 Villa Clara	50
2.2.3 Santa Clara	53

2.2.4 Manicaragua.....	58
CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES	62
BIBLIOGRAFÍA	64
Anexo I. Dendrograma de las clasificaciones de los residuos por grupos de variables	69
Anexo II. Dendrograma de las clasificaciones de los residuos por grupos de autores.....	70
Anexo III. Composición de los Residuos de Construcción y Demolición	71
Anexo IV. Composición de los Escombros.....	71
Anexo V. Plantas de 1era generación.....	72
Anexo VI. Plantas de 2da generación.....	72
Anexo VII. Plantas de 3era generación	73
Anexo VIII. Plantas móviles	73
Anexo IX. Plantas fijas.....	74
Anexo X. Impuestos sobre el vertido de residuos	75

A decorative graphic consisting of four red lines. Two lines are vertical and two are horizontal, intersecting to form a cross-like shape. The lines are positioned on the right side of the page, with the vertical lines extending from the top to the bottom and the horizontal lines extending from the left to the right.

Introducción

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el medio ambiente como fuente de riquezas se ve afectado por las diversas actividades que el hombre realiza como causa directa de la propia evolución de nuestra sociedad consumista. Entre sus funciones está la económica, donde el mismo juega un papel de sumidero de los residuos los cuales incluyen: los urbanos, domiciliarios, agrarios, clínicos, radiactivos e industriales; estos últimos contienen los inertes y dentro de estos, los más representativos, son los residuos de la construcción y la demolición (RCD).

La existencia de estos residuos por su gran volumen de generación tiene que ver, en su inmensa mayoría, con la demolición, la remodelación, la reparación y la rehabilitación de edificaciones e infraestructuras, que han quedado obsoletas debido a su considerable longevidad o al fin de su ciclo de vida. Pero no es el envejecimiento el único factor que trae su creciente generación, también los desastres naturales y las obras de excavación inducen a la reproducción de los mismos.

En la actualidad los RCD tienen dos alternativas básicas: una es ser desechados, otra es ser incluidos en el proceso constructivo nuevo, a través de la reutilización o el reciclaje. Este último proceso está compuesto por varias operaciones: pre-recolección, almacenamiento, separación conjuntamente con la recolección selectiva, transporte, recuperación y procesamiento hasta llegar a su disposición o destino final.

El reciclaje como forma de valorización de este tipo de residuos, no solamente concierne a las comunidades más industrializadas, sino también a una demanda global con diferentes prioridades. Las experiencias de países con mayor desarrollo como: Holanda, Dinamarca y Bélgica, se basan en leyes, campañas de información y actuaciones diversas que han influido en un cambio de mentalidad. En el caso de los países latinoamericanos a pesar de no tener toda

la tecnología necesaria experimentan también en estos campos, en búsqueda de que las generaciones presentes sean capaces de preservar los recursos no renovables que poseemos en la actualidad, para el disfrute de las próximas generaciones.

Nuestro país ha sido escenario de múltiples conflictos por contar con experiencias aisladas respecto a este tipo de producciones, pues no se ha logrado realizar una buena planificación que permita alcanzar un alto nivel de organización, debido que no existen leyes ni políticas orientadas a este producto alternativo, y como consecuencia no se logra la correcta ejecución y control del mismo. Otras problemáticas que afronta el proceso son: que el nivel de inversión actual no logra afrontar las demandas del sector de la construcción, debido a que se cuenta con canteras de medio siglo de explotación y extracción, las cuales se han ido agotando.

De igual manera se manifiesta en la provincia de Villa Clara, a la cual se le suman los problemas de la vivienda y los desastres naturales que son algunas de las causas fundamentales que traen como secuela una alta y creciente demanda de áridos.

De ahí que sea de vital importancia la protección del ecosistema en aras de respetar el derecho que tienen las generaciones futuras de contar con los recursos que hoy utilizamos de forma desmedida y proponer soluciones alternativas generando un material con propiedades similares (árido reciclado) que permita aprovechar el RCD, dada su importancia económica, ambiental y social para el desarrollo sostenible.

Por tanto, se da la necesidad de realizar una investigación del estado del arte sobre el proceso de reciclado de los RCD, en aras de mostrar desde el punto teórico y metodológico la factibilidad de utilizarlo en diferentes producciones.

Todos los elementos anteriormente descritos caracterizan la **situación problemática** que da origen a la presente investigación.

Problema de investigación:

¿Cómo contribuir desde el punto de vista teórico metodológico a ampliar el estado del arte sobre el proceso de reciclado de los residuos de construcción y demolición?

Objetivo general:

Sistematizar los fundamentos teóricos y metodológicos acerca del proceso de reciclado de los residuos de construcción y demolición.

Objetivos específicos:

1. Definir las principales categorías de la investigación y fundamentos metodológicos del proceso de reciclado de los residuos de construcción y demolición.
2. Valorar críticamente las principales experiencias internacionales y nacionales del proceso de reciclado de los residuos de construcción y demolición.

Hipótesis investigativa:

Si se realiza un amplio estudio bibliográfico de los principales fundamentos teóricos y metodológicos se contribuirá a ampliar el estado del arte relacionado con el proceso de reciclado de los residuos de construcción y demolición.

Tipo de Investigación:

El tipo de estudio que se utiliza es el investigativo y el descriptivo puesto que se realiza una revisión bibliográfica que facilite una mayor comprensión del problema objeto de investigación, permitiendo hacer un análisis de las experiencias internacionales y nacionales.

Métodos de investigación:

En el proceso investigativo se emplearon diversos métodos, como método general al dialéctico-materialista.

Se utilizarán métodos teóricos y empíricos.

Teóricos:

- Análisis - síntesis: a través del estudio de la bibliografía sobre el proceso de reciclado de los residuos de construcción y demolición.
- Inductivo - deductivo: el estudio de las experiencias internacionales las cuales darán paso a un análisis de la situación presente en nuestro país.
- Histórico - lógico: parte del surgimiento de los residuos y el comienzo de las normativas que lo rigen.

Empíricos:

- Revisión de documentos: será fundamental pues permitirá cumplir en gran medida con los objetivos previstos de antemano.
- Observación: como se realiza el proceso de reciclado de los residuos de construcción y demolición.

- Entrevista: se realizan a los distintos organismos que interactúan en el proceso de reciclado de los residuos de construcción y demolición.
- Clúster: realización del dendograma a través del programa estadístico SPSS p/w V. 22.0.0.

Viabilidad:

En esta investigación se dispone de los recursos humanos, materiales, laborales y de tiempo necesarios para ejecutarla. La información requerida es asequible, contando con una amplia bibliografía, la asesoría y apoyo del personal implicado y el período previsto para su óptimo desarrollo, facilitando la obtención de resultados previstos de antemano.

El trabajo se estructuró de la forma siguiente: una Introducción, donde en lo esencial se caracteriza la situación problemática, se fundamenta el problema científico a resolver, se definen los objetivos de la investigación, así como otros elementos de carácter metodológico; un capítulo I, con el objetivo de crear una base conceptual que sustente el problema de investigación a solucionar; un capítulo II donde se realiza un estudio de las experiencias internacionales las cuales darán paso a un análisis de la situación presente en nuestro país. Además, se exponen un grupo de conclusiones y las recomendaciones que la autora considera deben ser extendidas como parte de la continuidad científica de la investigación. Posteriormente se muestran todos los anexos necesarios para la comprensión de los aspectos que pudieran resultar de mayor complejidad en el cuerpo del documento.

Capitulo 9



CAPÍTULO I. FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y METODOLÓGICOS RELACIONADOS CON EL PROCESO DEL RECICLADO DE LOS RCD

1.1 Residuos. Generalidades

1.1.1 Surgimiento y evolución histórica del término residuo

Desde el origen de la vida, el hombre ha utilizado los recursos naturales para asegurar su supervivencia y crear objetos que le ayudaran a prosperar dentro de un medio difícil y hostil. La población humana era por entonces muy escasa y los problemas medioambientales inexistentes, pero el afán del hombre por progresar social y económicamente, ha transformado la vida del planeta.

Durante siglos, estas sociedades consumieron alimentos de fácil descomposición y produjeron bienes duraderos basados en materiales naturales como la madera, el barro, el cuero, las rocas y las fibras naturales.

Luego la evolución que experimenta la humanidad hace que se inicie la extracción y transformación de elementos naturales con la utilización de la energía disponible. Es aquí donde comienzan los primeros pasos de la metalurgia, la alfarería, y las incipientes producciones de productos químicos, el yeso, la cal, etc. Es en este momento cuando las sociedades urbanas comienzan a tener dificultades para eliminar los residuos que producen, sobre todo donde las concentraciones urbanas son mayores.

Con la llegada de la revolución industrial iniciada en Gran Bretaña en el siglo XVIII y el descubrimiento de la máquina de vapor (conversión de la energía calorífica en energía cinética), se introdujeron cambios importantes en los sistemas productivos: transporte a largas distancias, mecanización de ocios tradicionalmente artesanales, etc. La

industrialización motivada por el desarrollo tecnológico, incrementó la demanda de mano de obra en las ciudades y favoreció la concentración de la población en núcleos urbanos, lo que implicó la necesidad de eliminar mayor cantidad de residuos sólidos generados.

(Bonmatí and Gabarell, 2008) plantean que es en el siglo XX, y especialmente en su segunda mitad, una vez paliadas las deficiencias más acuciantes y tras el desarrollo y asentamiento social de las ideas ecológicas que se logra dar una visión más completa, real e integral de los problemas del ecosistema humano, es cuando los residuos surgen como un problema medioambiental de consideración.

1.1.2 Conceptos fundamentales sobre los residuos

La evolución expuesta muestra como los residuos han aumentado su volumen a través de la influencia de múltiples factores, sin embargo los más significativos son: el crecimiento poblacional y los adelantos tecnológicos, sobre todo en las ciudades.

Aún en la actualidad el término residuo, es objeto de disímiles imprecisiones o conflictos, pues muchas veces se utiliza el desecho de una manera indistinta debido a que están entrelazados entre sí. Desde el Diccionario de la RAE¹ se observa su confusa definición:

- ✓ Desecho: lo no aceptado. El residuo. Lo que se deja de usar.
- ✓ Residuo: resultado de una resta. Lo que queda de un cuerpo quemado, evaporado, etc.

(Bonmatí and Gabarell, 2008) consideran desechos o rechazos a algunos residuos o fracciones del mismo que no son valorizables, que quedan en desuso por no poder ser reciclados o reutilizados puesto que la tecnología no lo permite. Pueden ser domésticos, subproductos

¹ Real Academia Española

provenientes de procesos industriales, sustancias químicas o tóxicas o cualquier otro elemento peligroso, los cuales deben ser tratados de forma especial para evitar cualquier tipo de daño al ambiente y a la salud pública.

(Yakowitz, 1985) lo define a través de las legislaciones en diferentes países:

En Alemania, según la Ley Federal del 7 de junio de 1972 lo define como objetos móviles de los cuales el dueño desea desembarazarse o está obligado a desecharlos para asegurar el bienestar de la comunidad.

En el Reino Unido se encuentra la Ley sobre Control de la Contaminación de 1974; Reglamento No.1709 de 1980 la cual lo expone como cualquier sustancia que constituye materia o un efluente u otra sustancia no deseada generada en la aplicación de cualquier proceso.

En Francia, se especifica a través de la Ley No. 75-633 del 15 de julio de 1975 como cualquier sustancia, material, producto u objeto movable generado en un proceso de producción, procesamiento o utilización, que es descartado o que su propietario tiene intención de descartar.

Finlandia plantea que según la Ley No. 673 del 31 de agosto de 1978 son todos los objetos y sustancias dispuestos después de su uso, y de poco o ningún valor, así como otros objetos o sustancias que han sido recolectados o han sido llevados a lugares reservados para residuos, para su transporte, almacenamiento u otro tratamiento.

Italia lo define a través del Decreto No. 915 del 10 de septiembre de 1982 como cualquier sustancia u objeto producto de la actividad humana o de eventos naturales, que son descartados o se tiene intención de descartar.

Noruega se refiere a estos mediante la Ley No. 6 del 13 de Marzo de 1981 como aquellos objetos o sustancias descartadas e incluye a los objetos superfluos y sustancias provenientes de actividades de servicios, producción, instalaciones de control de la contaminación, etc.

En España, la Ley 10/1998 de Residuos de 21 de abril, los enuncia como “cualquier sustancia u objeto del cual su poseedor se desprenda o del que tenga intención u obligación de desprenderse”.

Según México en la Ley General del Equilibrio Ecológico, del 28 de enero de 1988 se precisan como: Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento.

Desde el punto de vista de varios autores y organizaciones:

En el 2005 la (UNICEF, 2005) define el residuo como todo resto o material resultante de un proceso de producción, transformación o utilización que sea abandonado o que su poseedor o productor tenga la obligación o decida desprenderse de él.

En cambio (Navarro, 2007) determina al residuo como todo material destinado o abandonado por su productor o poseedor, pudiendo resultar de un proceso de fabricación, transformación, utilización, consumo o limpieza.

(Colomina and Osuna, 2007) plantean al residuo como cualquier material que resulta de un proceso de fabricación, transformación, uso, consumo, limpieza, cuando su propietario lo destina al abandono.

Una de las definiciones más completas, a partir de la cual se trabaja en esta investigación, es la expuesta por (Guevarra, 2010, Márquez and Peláez, 2015) como el material o producto cuyo propietario o poseedor descarta y que se encuentra en estado sólido o semisólido, que puede

ser susceptible de ser valorizado o requiere tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto por la ley y demás ordenamientos que de ella derive.

Si bien los términos residuo y desecho son elementos que se descartan en cualquier proceso, hay ciertas diferencias que deben considerarse en el tratamiento y la disposición final de los mismos, ya que para el caso de los desechos estos se vierten y no pueden ser nuevamente utilizados pues la tecnología – actual –no lo permite, por lo que llegan al fin de su vida, a diferencia de los residuos que se reutilizan o se reciclan para ser valorizados.

1.1.3 Clasificación de los residuos

Utilizando el método de análisis Clúster a través del paquete de programas estadísticos SPSS V. 22.0 p/w, 2013 se realizó la clasificación de los residuos, teniendo en cuenta varios criterios que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de los residuos según conceptos por grupos

Grupo de Variable	Concepto	Ocurrencia	Grupo Cantidad de Modelos	I	II	III
				3	1	3
Grupo I	Voluminosos	14%	1	0	1	0
	Universales	14%	1	0	1	0
	ResiduosEspeciales	14%	1	1	0	0
	ClaseC	14%	1	0	0	1
	ClaseD	14%	1	0	0	1
	ClaseARCD	14%	1	0	0	1
	ClaseB	14%	1	0	0	1
	ResiduosForest	14%	1	1	0	0
	ResiduosSolidosUrb	14%	1	1	0	0
	ResiduosClinic	14%	1	0	0	1
	ResiduosGanaderos	14%	1	1	0	0
	ResiduosHospitalarios	14%	1	0	0	1
	ResiduosUrb	14%	1	0	0	1
	LimpiezadViasAreasPublic	14%	1	0	0	1
	LocalesdlaUrbanizacion	14%	1	0	0	1
OtrosresiduosInertRCD	14%	1	1	0	0	

	ResiduosToxPelig	14%	1	1	0	0
Grupo II	Institucionales	28%	2	1	1	0
	ServiciosMunicipales	28%	2	1	1	0
	Comerciales	28%	2	1	1	0
	ConstruccionDemoIRCD	28%	2	1	1	0
Grupo III	ResiduosRadioAct	43%	3	2	0	1
	ResiduosIndInertRCD	43%	3	1	0	2
	ResiduosDomiciliarios	43%	3	2	1	0
	ResiduosSanitarios	43%	3	2	1	0
	ResiduosIndust	43%	3	2	1	0
Grupo IV	ResiduosAgrarios	57%	4	2	1	1

Fuente: elaboración propia

Se considera una medida binaria a partir de la cual se calcula la distancia de similitud entre individuos o variables mediante el patrón diferencia de tamaño.

Como método de unión de los individuos se aplicó el método de *Ward*, que evalúa la cercanía entre los grupos a partir de un análisis de la variación de las distancias entre los mismos.

Como resultado de la aplicación de este método se definen cuatro grupos de variables como se muestra en el Anexo I. Entre estos, los grupos III y IV, o sea aquellos que incluyen las variables: residuos agrarios, residuos radioactivos, residuos industriales inertes residuos de construcción y demolición (RCD), residuos domiciliarios, residuos sanitarios, residuos industriales, constituyen los más representativos en las clasificaciones estudiadas; lo que significa que la clasificación a seguir debe integrar en sus etapas estos elementos.

En el análisis por autores se agrupan dichas clasificaciones en función de las variables que la integran (Ver Anexo II), de los que resultaron 3 grupos, constituyendo la clasificación propuesta UNICEF² el más representativo, pues agrupa la mayor cantidad de variables, seguido por CITMA³, Tchobanogolus⁴ y Ordenanza⁵. En el resultado de la aplicación de la

²Fondo de Naciones Unidas para la Infancia

³Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente

⁴George Tchobanogolus 2002 realiza una clasificación de los RCD en su libro "Residuos Sólidos Principios de Ingeniería y Administración"

técnica, se pudo constatar que la clasificación propuesta por el CITMA contiene aquellas variables identificadas como fundamentales en el proceso de clasificación de los residuos, y dentro de estas la de los residuos industriales que contienen a los inertes y estos a su vez a los RCD (variable identificada como la más importante).

1.2 Los Residuos de la Construcción y Demolición (RCD). Generalidades

1.2.1 Conceptos fundamentales de los RCD

Dentro de la clasificación de los residuos se encuentran los industriales, los cuales incluyen los inertes y dentro de estos, los RCD. Se analiza que al interior de los RCD, los residuos más representativos son los escombros, por su gran volumen de generación que tiene que ver, en su inmensa mayoría, con la demolición de edificaciones e infraestructuras que llegan a la etapa final del ciclo de vida.

Pero no es el envejecimiento el único factor que induce a la demolición de las obras de construcción. Los grandes cambios en el funcionamiento de la economía global (de carácter tecnológico, orientación de mercados, etc.) provocan, de una forma cíclica, la obsolescencia de las edificaciones industriales de las obras de infraestructura urbana, viaria, etc.

Esta alta reproducción de los escombros ha universalizado el interés de utilizarlos, buscando atenuar el agotamiento de los recursos no renovables, como son las canteras de áridos naturales, reduciendo de esta manera el impacto ambiental.

Dada su gran importancia se hace necesario definir los términos de residuos de la demolición y de la construcción. (López, 2011) plantea que los residuos de demolición son aquellos

⁵ Ley de Ordenanza 6202/06 sobre la Gestión Integral de los Residuos Sólidos de México creada en febrero del 2006

materiales y productos de construcción que se originan como resultado de las operaciones de desmontaje, desmantelamiento y derribo de edificios y de instalaciones, en cambio los residuos de construcción se originan en el proceso de ejecución del material determinados en los trabajos de construcción, tanto de nueva planta como de rehabilitación o reparación. Igualmente, (Mercante, 2007) define a los residuos de la construcción como el material residual que se produce en procesos de construcción, renovación o ampliación de estructuras.

A pesar de que no hay un consenso bien delimitado en la literatura sobre la definición de los RCD (Aldana and Serpell, 2012) realiza una discusión sobre los siguientes criterios dado por diferentes fuentes:

- Residuos de construcción, remodelación, y reparación de residencias individuales, edificios comerciales, y otras estructuras de ingeniería civil (Huang, 2002).
- Cualquier material, aparte de materiales de la tierra, los cuales necesitan ser transportados a otra parte desde los sitios de construcción o utilizados dentro del sitio de construcción para los propósitos de llenos, incineración, reciclaje, reutilización o compostaje (Ekanayake y Ofori, 2004).
- Residuos generados de varias actividades de construcción incluidas excavación, construcción civil y de edificios, limpieza de sitios, actividades de demolición, trabajos en vías y renovación de edificios (Shen, 2004).
- Residuos de materiales de construcción, embalaje y escombros que resultan de las operaciones de construcción, remodelación, reparación y demolición de casas, edificios industriales y comerciales, y otras estructuras (Clark, 2006).

- Materiales excedentes derivados de excavaciones, construcciones civiles y edificios, trabajos en vías, actividades de remodelación y demolición (Hao, 2007).
- Residuos que surgen de las actividades de construcción, remodelación y demolición (Wang, 2010, Kofoworola y Gheewala, 2008).
- Materiales no deseados generados durante la construcción, incluyendo estructuras y materiales rechazados, materiales que han sido sobre ordenados o son excesos de los requeridos, y materiales que han sido utilizados y se han dañado (Deng, 2008).
- Residuos resultantes de la construcción, renovación y demolición de estructuras incluidas edificaciones de todo tipo (residencial y no residencial), proyectos de repavimentación de caminos, reparación de puentes, y limpieza asociada con desastres naturales y humanos (Zhao, 2009; y Lu, 2006).
- Suelo, material y otros generados por cualquier clase de actividades de construcción, incluyendo el desarrollo, rehabilitación y remodelación de proyectos de construcción (Zhao, 2009).
- Según la normativa Española en el Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición 2001-2006 define este tipo de residuos como aquellos que “proceden en su mayor parte de derribos de edificios o de rechazos de los materiales de construcción de las obras de otras de nueva planta y de pequeñas obras de reformas en viviendas o urbanizaciones”(Arenas, 2011-2012).
- La Ley 5/2003, dada en Madrid los plantea como aquellos residuos de naturaleza fundamentalmente inerte generados en obras de excavación, nueva construcción,

reparación, remodelación, rehabilitación y demolición, incluyendo los de obra menor y reparación domiciliaria (López and Eulate, 2011).

- Aquellos que se generan en el entorno urbano y no se encuentran dentro de los comúnmente conocidos como Residuos Sólidos Urbanos⁶ (RSU), ya que su composición es cuantitativa y cualitativamente distinta. Se trata de residuos, básicamente inertes, constituidos por tierras, áridos mezclados, piedras, restos de hormigón, restos de pavimentos asfálticos, materiales refractarios, ladrillos, vidrios, plásticos, yesos, metales, maderas y, en general, todos los residuos que se producen por el movimiento de tierras, construcción de edificaciones nuevas y obras de infraestructura, así como los generados por la demolición o reparación o rehabilitación de edificaciones antiguas y desastres naturales. (G. and Velásquez., 2009, Glinka, 2006 - 2007, González and Rodríguez, 2014, Alonso, 2014).

Las definiciones anteriores presentan diferencias en las fuentes de generación de los residuos ya que existen disímiles puntos de vista. La definición más completa de los RCD y con la cual se trabaja en esta investigación es la última, que tiene implícita todas las fuentes que generan residuos, entre las que se refieren los residuos de construcción y demolición, las obras de excavación, reparación, remodelación, rehabilitación y desastres naturales.

⁶Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) son planteados por Alejandro Barradas en el 2001 en su libro Gestión Integral de los Residuos Sólidos como aquellos residuos producidos en las ciudades, que pueden proceder de los domicilios, industrias alojadas en las mismas, hospitales, parques, obras, etc. Por tanto, su composición es muy variada (restos de alimentos, papel, plástico, vidrio, pilas, electrodomésticos, muebles, animales muertos, hojas, escombros, residuos hospitalarios...).

1.2.2 Clasificación de los RCD

Existen diversas clasificaciones de los RCD, que han sido abordadas indistintamente por diferentes fuentes, pero todos coinciden con que son materiales fundamentales e imprescindibles para la sociedad. A continuación se desglosan algunas de ellas según su origen o procedencia, fuente de generación, sus características y su nivel de peligrosidad.

Por su procedencia según (Glinka, 2006 - 2007, González and Rodríguez, 2014, Rainho, 2015), se pueden dividir en:

- De demolición: Son los materiales y productos de construcción que se originan como resultado de las operaciones de desmontaje, desmantelamiento y derribo de edificios y de instalaciones. También deben ser considerados aquí los residuos parciales, originados por los trabajos de reparación o de rehabilitación. Los derribos pueden estar originados por desastres naturales (huracanes, terremotos, maremotos, tornados y otros) o ser artificiales (producidos por el hombre por el desmantelamiento y derribo de edificios e instalaciones).
- De construcción: Son los que se originan en el proceso de ejecución material de los trabajos de construcción, tanto de nueva planta como de rehabilitación o de reparación. Su origen es diverso: los hay que provienen de la propia acción de construir, originados por los materiales sobrantes: hormigones, morteros, cerámicas, etc. Otros provienen de los embalajes de los productos que llegan a la obra: madera, papel, plásticos, etc. También se sitúan los residuos de rehabilitación correspondientes a la fase de construcción.

- De excavación: Son resultado de los trabajos de excavación, en general previos a la construcción. La composición de estos residuos es menos variable que la de los dos grupos anteriores. Tienen una composición más homogénea y son de naturaleza pétreo: arcillas, arenas, piedras, hormigones y obra de fábrica de los cimientos de la edificación existente.

Por su fuente de generación de acuerdo con (Mercante, 2007), se clasifican en:

- Materiales de limpieza de terrenos: ramas y árboles.
- Materiales de excavación: el material de excavación es normalmente un residuo inerte, natural o artificial. En algunos casos se presenta con contaminantes al no responder a un suelo virgen. Son, en general, de naturaleza pétreo (tierra, rocas, materiales granulares).
- Residuos de obras viales: compuestos por trozos de losas de hormigón de la construcción de caminos, residuos de asfalto y mezclas del pavimento asfáltico, puentes, renovación de materiales.
- Residuos resultantes de construcción nueva, de ampliación o reparación (obra menor): son los que se originan en el proceso de ejecución material de los trabajos de construcción, tanto nueva como de reparación o ampliación. Su origen es diverso: los que provienen de la propia acción de construir y los que provienen de embalajes de los productos que llegan a la obra. Sus características y cantidad son variadas y dependen de la fase del trabajo y del tipo de obra (residencial, no-residencial, comercial, industrial, institucional).

Además (López, 2011, Mena, 2014, González and Rodríguez, 2014) plantean que estos pueden estar determinados por sus características en dos niveles:

- RCD de Nivel I: Tierras y materiales pétreos son el resultado de la excavación y los movimientos de tierra llevados a cabo en el transcurso de las obras cuando están constituidos exclusivamente, por tierras y materiales pétreos exentos de contaminación.
 - Son el resultado de la excavación y los movimientos de tierra llevados a cabo en el transcurso de las obras.
 - Su ritmo de generación varía con el tiempo, coincidiendo la producción de grandes cantidades con el desarrollo de obras de importante magnitud.
 - Su composición es bastante homogénea debido a que incluye recursos como la tierra y las piedras.
 - Su destino preferente, siempre que sea viable, es su empleo como materiales de relleno, en sellado de vertederos, restauración de canteras, etc.
- RCD de Nivel II: Escombros son los residuos generados principalmente en las actividades propias del sector de la construcción, de la demolición, de la reparación domiciliaria y de la implantación de servicios.
 - Son los residuos generados principalmente en las actividades propias del sector de la construcción, de la demolición, de la reparación domiciliaria y de la implantación de servicios (abastecimiento y saneamiento, telecomunicaciones, suministro eléctrico, gasificación y otros).
 - Su ritmo de generación varía con el tiempo, coincidiendo la producción de grandes cantidades con el desarrollo de obras de importante magnitud.

- La composición de estos residuos se caracteriza por ser muy heterogénea, incluyendo materiales tales como hormigón, ladrillos y otros materiales cerámicos, metales o madera. Además, pueden aparecer mezclados con otra tipología de residuos, como restos vegetales y de podas, voluminosos (enseres domésticos), residuos orgánicos, plásticos e incluso residuos peligrosos generados en el ámbito doméstico (baterías de vehículos, etc.).
- Su destino es muy variado, que va desde su empleo en obras de restauración de espacios afectados por actividades extractivas, la restauración de áreas no procedentes de la actividad minera, el acondicionamiento de espacios, el relleno o el empleo como material de construcción hasta la utilización a través de su reciclaje como árido en distintas producciones, promoviendo en este último caso la progresiva sustitución de materias primas naturales.

Por su nivel de peligrosidad pueden ser clasificados según (Glinka, 2006 - 2007) en:

- Residuos inertes: Aquellos residuos no peligrosos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas. Son los que no presentan ningún riesgo de contaminación para las aguas, los suelos y el aire. En general están constituidos por elementos minerales estables o inertes, en el sentido de que no son corrosivos, irritantes, inflamables, tóxicos, reactivos, etc. En definitiva, son plenamente compatibles con el medio ambiente. Los principales materiales que forman los residuos de construcción son de origen pétreo, y, por lo tanto, inertes. Pueden ser reutilizados en la propia obra o reciclados en centrales de áridos mediante un sencillo proceso mecánico de machaqueo.
- Residuos especiales: Son aquellos potencialmente peligrosos para la salud y el medioambiente, debido a su composición y propiedades, pues contienen sustancias

inflamables, tóxicas, corrosivas, irritantes o que provocan reacciones nocivas en contacto con otros materiales. Por tal razón requieren un tratamiento especial con el fin de aislarlos y de facilitar el tratamiento específico o la deposición controlada.

- Residuos banales: Aquellos que presentan una naturaleza similar a los residuos domésticos.

1.3 Reciclaje de los residuos de construcción y demolición

1.3.1 Proceso de los RCD

Las anteriores clasificaciones nos permiten comprobar que los RCD pueden proceder de distintas fuentes o entradas (residuos de construcción y demolición, las obras de excavación, la reparación, remodelación, rehabilitación y desastres naturales). Además de poder determinar su composición, en la cual el 75% lo conforman los escombros (ladrillos, azulejos, hormigón, piedra, arena, grava y otros cerámicos) y el resto por madera, vidrio, papel, yeso, plástico, asfalto, basura y otros. Ver Anexo III y IV (Cortés et al., 2015).

La generación de estos se ha convertido en un problema, por su volumen y flujo, de ahí la obligación de que estos sean procesados con el objetivo de minimizar los daños que ocasionan. Por lo cual se hace indispensable definir la palabra proceso. Según (Amozarrain, 1999, Zaratiegui, 1999, Harrington, 1993) coinciden que este se basa en una secuencia ordenada y lógica de operaciones de transformación que parten de una entrada (información, mano de obra, material, capital, etc.), dando lugar a salidas o resultados con un valor añadido. Es a partir del 2000 con autores como (Ruiz, 2013, Romero, 2004, Negrín, 2011) que se

percibe la necesidad de hacer énfasis en que el resultado obtenido, satisfaga plenamente los requerimientos del cliente.

Partiendo que el proceso se basa en una serie de operaciones, a continuación se muestran las referentes a los RCD, que conducen al aprovechamiento máximo de los materiales contenidos en los mismos. Los autores reportan estas operaciones de diferentes formas, siendo la de (Báez, 2012), la que se ha tenido en cuenta en este estudio y se realizará una explicación general de las mismas:

Pre-recolección: Comienza determinando los lugares donde se realizan actividades capaces de generar residuos. Luego se identifica el material (RCD), su cantidad, condiciones, usos, destino, otros; y todo lo referente a sus características y composiciones. Determinando de esta manera cuáles son las fracciones valorizables en el proceso.

Almacenamiento: Es el lugar donde se acopian o guardan los residuos teniendo en cuenta la composición anteriormente determinada.

Separación y recolección selectiva: Este proceso puede resultar el más costoso y complejo de todas las operaciones a realizar en el manejo integral y sostenible de residuos; pues aquí se realiza el acarreo del resto de las partes de los escombros, demoliciones, sedimentos y otros. Al final del proceso se determina cuáles se podrán reutilizar, reciclar o llevar a sitios de acopio legales para su correspondiente disposición final.

Transporte: El transporte sirve para acarrearlos residuos desde su ruta de recolección asignada hasta los lugares de transferencia, -cuando se requiera el transbordo- ; para aprovechamiento, -al aplicarle las técnicas de la reutilización y/o reciclaje- ; o directo a su tratamiento y/o disposición final, -cuando son descartados-.

Aprovechamiento: El aprovechamiento de los RCD tiene como objetivo principal, obtener áridos reciclados que cumplan los requisitos técnicos mínimos y permitan ser viables técnica y económicamente. Existen diferentes vías de aprovechamiento entre las que se encuentran:

1. La reutilización
2. El reciclaje

La reutilización significa, volver a utilizar un material sin reprocesamiento de la materia o sea sin ninguna transformación, ofreciendo nuevas alternativas de aplicación. Los materiales susceptibles de reutilización son: vigas, elementos prefabricados, puertas, ventanas, revestimientos prefabricados, tejas, bloques, estructuras ligeras, barandillas, falsos techos, pavimentos sobrepuestos, piezas de acabado y mobiliario de cocina.

El reciclaje es el proceso donde materiales de desperdicio son recolectados y transformados en nuevos productos o materias primas. Los materiales con alta probabilidad a ser reciclados son: el hormigón, los cerámicos, el concreto y los ladrillos. Se pueden reciclar para la elaboración de adoquines, fachadas, bases para columnas, producción de morteros, fabricación de cementos y los materiales de origen pétreo pueden ser reincorporados a su ciclo productivo mediante un proceso de trituración y cribado.

Atendiendo a los sistemas de procesado y la tecnología que incorporan las plantas de procesamiento de los RCD se clasifican en primera, segunda y tercera generación y de acuerdo a su movilidad en fijas, semimóviles y móviles.

(Sánchez De Juan, 2004) realiza la siguiente clasificación: (Ver Anexo V, VI y VII)

- Plantas de 1^{ra} generación: carecen de mecanismos de eliminación de contaminantes, a excepción del acero y otros elementos mecánicos.
- Plantas de 2^{da} generación: añade al tipo anterior sistemas mecánicos o manuales de eliminación de contaminantes previos al machaqueo, elementos de limpieza y clasificación del producto machacado, por vía seca o húmeda. Son las más extendidas en el reciclado del hormigón.
- Plantas de 3^{ra} generación: dirigidas a una reutilización prácticamente integral de otros materiales secundarios, considerados como contaminantes de los áridos regenerados.

De acuerdo a su movilidad: (Ver Anexo VIII y IX)

- (Romero, 2012) plantea que las plantas fijas son plantas de reciclaje cuyas instalaciones son permanentes formadas por cintas y elementos transportadores, equipos de separación y eliminación y normalmente dos tipos de machacadoras. Además (Rodríguez de la Concepción, 2013) explica que las instalaciones fijas se diseñan para dar un servicio continuo a una zona concreta. Por ello es imprescindible contar con una ubicación relativamente céntrica en el ámbito geográfico de producción de escombros, para disminuir los costes de transporte.
- (Valle, 2003) describe que las instalaciones móviles se diseñan con el objeto de desplazarse dentro de escombreras, según la disposición de los materiales en la misma, entre distintas obras o zonas con varias obras para tratar los escombros producidos. Este tipo de instalación se caracteriza principalmente porque cada elemento (criba, machacadora, etc.) está instalado sobre un equipo auto portante,

normalmente de orugas, que permite su propio desplazamiento y la carga sobre camión. (García Ledesma, 2011) muestra que la posibilidad del traslado de la planta móvil al lugar donde se encuentra la materia prima permite: disminuir el consumo de combustible por concepto de transportación de la materia prima, al significar un ahorro económico y disminuir además la emisión de gases a la atmósfera.

- (Valle, 2003) indica que las plantas semimóviles se conforman a través de la combinación de las plantas fijas y móviles, esto se determina a través de las necesidades que posea la obra y estas pueden alcanzar incluso mayor versatilidad que una instalación fija o móvil netamente.

Disposición Final: es la operación que le brinda depósito permanente a los residuos que no pueden ser aprovechados debido que la tecnología – actual – no lo permite, manteniendo minimizadas las posibilidades de migración de los componentes de un desecho al ambiente, de conformidad con la reglamentación técnica que rige la materia.

En la actualidad la valorización de los RCD ha venido tomando una creciente repercusión mundial pues estos brindan disímiles beneficios que giran sobre la base de tres dimensiones.

Desde el punto de vista ambiental, es bastante atractivo porque aumenta la vida útil de los rellenos sanitarios, disminuye las emisiones al aire, agua y suelo y de esta manera evita la degradación de recursos naturales no renovables (canteras de áridos naturales).

Desde el punto de vista económico, según (BFA and DFB, 2007) para garantizar la viabilidad económica del reciclado hay que tener en cuenta los siguientes puntos:

- Costos de separación, recogida, transporte, almacenamiento y acondicionamiento del residuo antes de su tratamiento y procesado.
- Cantidad de material disponible.
- Proximidad de la fuente productora al lugar en que será valorizado el material.
- Costo del procesado del producto.
- Demanda del mercado para el material valorizado.

En este sentido se ha demostrado que los costos de los productos realizados con áridos reciclados han sido menores que el de los materiales vírgenes, debido a que se disminuyen los costos de transportación y de materiales que son utilizados en el proceso (Rodríguez, 2015).

Por último en el orden social, existen dos puntos claves, la salud de los seres humanos que se logra evitando la dispersión de contaminantes, la eliminación de vertidos ilegales y reduciendo la carga de los vertederos tradicionales, y como segundo, se pueden lograr producciones adicionales que permiten beneficiar a aquellos sectores que son más vulnerables dentro de la sociedad.

1.4 Áridos reciclados como solución alternativa del sector de la construcción

1.4.1 Conceptos fundamentales sobre los áridos reciclados

Según el origen de los residuos pueden distinguirse áridos reciclados procedentes de hormigón, áridos reciclados procedentes de residuos cerámicos y áridos reciclados mixtos siendo estos últimos los obtenidos; a partir de residuos de distinta naturaleza. El nivel de exigencia más restrictivo, que se le impone al árido reciclado, es para su utilización como

hormigón estructural, limitando en este caso la procedencia únicamente a escombros de hormigón; por ser estos los de mejor calidad (Calderón, 2014).

(Pérez Benedicto and De la Rosa La Mata, 2010) confirman que los áridos reciclados son el resultado de la gestión y tratamiento de los residuos de construcción y demolición, coincidiendo con (Alaejos Gutiérrez, 2005). (Páramo, 2011) define al árido reciclado como el árido resultante del procesamiento de materiales inorgánicos, utilizado previamente como materiales de construcción. La materia prima para su obtención son los materiales pétreos generados como residuos, durante los procesos de construcción y demolición.

Las normas europeas armonizadas establecidas por el Comité Europeo de Normalización (CEN) definen los áridos reciclados como: los áridos resultantes del tratamiento de material inorgánico previamente utilizado en construcción (Marilda et al., 2011, Gayarre, 2008).

Una de las definiciones más completas son las expuestas por (LLanez Pérez, 2012, Fernández et al., 2014) debido que no solo lo logran ver como el material granular resultante del tratamiento de materiales inorgánicos utilizados previamente en la construcción que se obtiene de la parte pétreo de estos residuos, sino que lo insertan además como un resultado de la gestión de los RCD siempre y cuando cumpla con las especificaciones técnicas al analizarlos en el laboratorio luego de someterlos a un proceso de reducción de tamaño y cribado para su posterior aplicación dentro del sector de la construcción y de la obra civil.

1.4.2 Clasificación de los áridos reciclados

Según (Tertre, 2007) los áridos reciclados se pueden clasificar por su fracción granulométrica en arenas y gravas, y por su procedencia en áridos de hormigón, áridos de asfalto, áridos de

cerámicos y materiales inertes. Por otra parte (Goikoetxea, 2010) plantea que los áridos reciclados se clasifican en dos tipos:

1. Áridos procedentes de los RCD limpios, estos áridos son de una calidad mayor que los obtenidos a partir de los RCD mezclados. En las plantas se pueden obtener áridos de diferentes fracciones. Las más habituales son desde 0 hasta 40 mm y desde 40 hasta 60 mm. Este tipo se comercializa como árido reciclado de hormigón limpio, el cual procede de los RCD compuestos casi exclusivamente por hormigón.
2. Áridos procedentes de los RCD heterogéneos o mezclados, estos áridos son los que se han obtenido a partir de los RCD heterogéneos o mezclados. Suelen tener un alto grado de materiales cerámicos y su calidad puede ser inferior a la de los áridos tratados en el punto anterior, por lo que su precio de venta será más bajo. También se diferenciarán dos fracciones por tamaños: desde 0 hasta 40 mm y desde 40 hasta 60 mm.

Por otro lado (Páramo, 2011) clasifica los áridos reciclados según su origen en:

1. Árido reciclado de hormigón: se obtiene de machacar, tamizar y procesar los residuos de hormigón de cemento Portland y áridos naturales en plantas de reciclaje. El hormigón, cuya composición es heterogénea (cemento, agua, áridos, aditivos y adiciones), no se puede considerar un material uniforme.
2. Árido reciclado cerámico: se obtiene de procesar residuos con presencia predominante de material cerámico. El 85 % de este árido debe tener una densidad superior a 1600 kg/m³ para evitar materiales excesivamente porosos y ligeros.
3. Árido reciclado mixto: está definido como un árido que debe contener un porcentaje de hormigón superior al 50 % con una densidad seca superior a 2100 kg/m³ y no más del

50 % de materiales pétreos reciclados de diferente naturaleza que el hormigón, incluyendo el material cerámico, con una densidad seca superior a 1600 kg/m^3 .

1.4.3 Aplicaciones de los áridos reciclados

La utilización de árido reciclado es cada vez más habitual en el campo de la construcción, en ámbitos muy variados como son la construcción de explanaciones (terraplenes y repellos), capas de firmes de carreteras, o en la fabricación de hormigón. Los áridos reciclados pueden ser usados en una amplia gama de aplicaciones, como detalla (Marilda et al., 2011):

- ✓ Zahorra: pueden ser usados capas de base y sub-base.
- ✓ Rellenos: como material drenante, como relleno en restauraciones.
- ✓ Suelos: como árido en suelo-cemento o en grava-cemento.
- ✓ Hormigones magros: como reemplazo parcial del árido natural en hormigones para capas de rodadura en caminos y viales, o capas de base de alta calidad en carreteras.
- ✓ Hormigones en masa: como reemplazo parcial del árido natural en hormigón estructural en masa, o en hormigón no estructural.
- ✓ Hormigones estructurales: En ellos se permite ya en España un 20 % de árido de hormigón reciclado mayor de 4 mm.
- ✓ Prefabricados: como reemplazo parcial o total de áridos naturales en bloques de hormigón, baldosas, tejas, bordillos, adoquines, mobiliario urbano, etc.

Una de las aplicaciones del árido reciclado mixto es la fabricación de hormigones y morteros.

Dada la reducida densidad del escombros triturado, está en la condición de árido ligero, por lo

que puede ser de aplicación para la obtención de hormigones ligeros sin finos. El hormigón no ligero fabricado con ladrillo triturado suficientemente denso, se puede utilizar en la construcción de estructuras de hormigón en masa y hormigón armado, tales como: muros de sótano, pilas de hormigón, chimeneas, todo tipo de productos de hormigón armado prefabricado, elementos para tejados, bloques de hormigón o tejas de hormigón para tejados (Monzón, 2013).

En general, las aplicaciones de los áridos reciclados se pueden resumir en la producción de: hormigones, bases y sub-bases de carreteras, morteros, prefabricados, materiales de relleno, balasto de construcción de vías férreas, firmes de aglomerados asfálticos, rellenos de canteras, ladrillos y gravas.

1.5 Normativas internacionales y nacionales de los RCD

1.5.1 Surgimiento de las normativas residuales

Desde la Edad Media se evidencian problemas con el vertido de los residuos los cuales generaban múltiples enfermedades a la sociedad, por lo que ya en esos años se ve la necesidad de organizar, aunque de forma primaria, la gestión de los residuos producidos en las grandes ciudades con un enfoque básico de prevención y control de los vectores sanitarios.

Se tienen referencias del siglo XV de que las grandes ciudades españolas ya habían organizado la gestión de la recogida y el vertido de los residuos urbanos; sin embargo, la falta de infraestructuras adecuadas y el desorden administrativo hizo que estos servicios fueran muy ineficaces, limitándose a la limpieza periódica de las calles.

Con la revolución industrial y el progreso, la gestión de los residuos seguía siendo muy primaria, realizándose sólo el barrido de las calles y el transporte de los residuos fuera de ella.

Esta situación continuó hasta bien entrado el siglo XVIII, en que ya se establecieron servicios para la recogida de las basuras en ciertas entidades, generadas en las ciudades. Realmente, estas medidas no fueron desarrolladas con amplitud hasta finales del siglo XVIII e inicios del XIX, cuando llegaron desde Francia las nuevas tendencias higienistas desarrolladas gracias a los avances científicos y prácticos de la medicina. La política higienista se basaba en: reorganizar el espacio urbano, la planificación de infraestructuras municipales, cementerios, construcción de redes de alcantarillado, abastecimiento de aguas y hospitales.

En Barcelona, Madrid, Bilbao y en casi todas las ciudades, esta fue la primera forma ordenada de recogida de residuos sólidos urbanos. Luego surgieron varias de las compañías que actualmente se dedican a esta actividad, como la Cooperativa de Usuarios del Servicio de Limpieza Pública Domiciliaria de Barcelona y los Agricultores de la Vega de Valencia.

Estos sistemas carecían de una organización rígida y de una cobertura completa de todas las ciudades, lo que dio lugar a que los ayuntamientos estructuraran formas de gestión más sólidas, iniciándose la creación de órganos municipales encargados de estas funciones. De esta época de inicios de siglo datan también las primeras contrataciones de dichos servicios a empresas privadas (Rebolledo, 2009).

1.5.2 Normativas internacionales y nacionales

A partir de la aparición de los primeros organismos municipales y la creación de las primeras contrataciones en la recogida de residuos comienzan a surgir en la segunda mitad del siglo XX

normativas en distintos países como: Holanda y Bélgica que se encuentran dentro de los considerados países en punta, seguido por Alemania y Reino Unido, luego se encuentran Austria, Portugal y España que a pesar de que no son tan representativos como los anteriores en el caso de España ha venido despegándose del resto del grupo y posicionando en nuevos peldaños (Ver Tabla 2). También se encuentra dentro de los países latinoamericanos Brasil que es el más representativo a pesar de que no posee altas tasas de reciclaje.

Tabla 2. Normativas Internacionales

Países	Normativas
Bélgica	VINCKE, J.; ROUSSEAU, E.: “Recycling of Construction and Demolition Waste in Belgium: Actual Situation and Future Evolution”. Demolition and Reuse of Concrete and Masonry. 1994.
Holanda	Decreto de Materiales de Construcción (para la protección del suelo y el agua superficial), que regula la utilización de materiales pétreos y tierras en la construcción. BRL 2506, Directiva Nacional de Evaluación para la certificación de producto KOMO de áridos reciclados procedentes de los RCD. RAW (Racionalización y automatización de la construcción de carreteras). NEN (Especialmente las referidas a hormigón, como la NEN 5905 “Áridos para hormigón. Materiales con densidad superior a 2.000 kg/m ³ ”). CUR 4: Áridos reciclados de hormigón como árido para hormigón, y CUR 5: Áridos reciclados cerámicos como árido para hormigón.
Alemania	TL Gestein-StB, Prescripciones técnicas de suministro para los áridos utilizados en la construcción de carreteras y caminos. TL SoB-StB, Prescripciones técnicas de suministro para mezclas de material de construcción y suelos utilizados en capas no ligadas en la construcción de carreteras y caminos. TP Min-StB, Regulaciones de los ensayos técnicos de los áridos minerales para la construcción de carreteras y caminos. DIN 4226-100 (2002) “Aggregates for mortar and concrete” – Part 100: Recycled aggregates”Concrete Aggregate”.
Reino Unido	“Recycled Aggregates: BRE Digest 433” 1998. “Quality Control: The production of Recycled Aggregates. Report BR 392, 2000. BS 8500-2:2006: “Concrete-Complementary British Standard to BS EN 206-1. Part2: Specification for Constituent Materials and Concrete”. WRAP “Mix Design Specification for Low Strength Concretes Containing Recycled and Secondary Aggregates”. 2002. BSG “Use of industrial by-products and waste materials in building engineering”. British Standard Guide 6543. 1985.

Austria	<p>El estudio elaborado por la Umweltbundesamt (Agencia Federal del Medio Ambiente), dependiente del Ministerio de Medio Ambiente austriaco, “Materiales Reciclados de Construcción, regulación relacionada con la compatibilidad ambiental”, de diciembre de 2002.</p> <p>Las normas que publica la Österreichischer Güteschutzverband Recycling-Baustoffe ÖGSV (Asociación Austriaca de Protección de la Calidad de los Materiales Reciclados de Construcción): Guía para los materiales reciclados de construcción, Guía para los materiales reciclados de construcción procedentes de edificación: usos ligados, Guía para los materiales reciclados de construcción procedentes de edificación: usos no ligados, Guía para los suelos reciclados de materiales cerámicos de construcción y Guía para el tratamiento de suelos y materiales de construcción contaminados.</p> <p>La serie de normas RVS, como prescripciones técnicas generales, elaboradas por la Österreichische Forschungsgemeinschaft Srtasseund Verkehr, y ÖNORM, elaboradas por el Österreichische Normungsinstitut (Instituto Austriaco de Normalización).</p>
Portugal	<p>E 471 – 2006. Especificação LNEC: Guia para a utilização de agregados reciclados grossos em betões de ligantes hidráulicos</p> <p>E 472 – 2006. Especificação LNEC: Guia para a reciclagem de misturas betuminosas a quente em central</p> <p>E 473 – 2006. Especificação LNEC: Guia para a utilização de agregados reciclados em camadas não ligadas de pavimentos</p> <p>E 474 – 2006. Especificação LNEC: Guia para a utilização de resíduos de construção e demolição em aterro e camada de leito de infraestruturas de transporte</p>
España	<p>En Noviembre de 2002 se constituyó el Grupo de Trabajo “Hormigón Reciclado” a instancias de la Comisión Permanente del Hormigón y de ACHE para elaborar un documento que complementara a la reglamentación actual de hormigón estructural (Instrucción EHE).</p> <p>RILEM (International Union of Testing and Research Laboratories for Materials and Structures): “Specifications for Concrete with Recycled Aggregates”. Materials and Structures, Nº27. p. 557-559, 1994</p> <p>Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos</p> <p>Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.</p> <p>El Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición 2008-2011. (PNRCD)</p> <p>Real Decreto 105/2008 por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.</p>

Brasil	NBR 10.004 Residuos Sólidos - Clasificación NBR 15.112:2004 Residuos de la construcción civil y residuos voluminosos - Áreas de transbordo y clasificación - Directrices para proyectos, implantación y operación NBR 15.113:2004 Residuos sólidos de la construcción civil y residuos inertes – Vertederos - Directrices para proyectos, implantación y operación NBR 15.114:2004 Residuos sólidos de la construcción civil - Áreas de reciclaje - Directrices para proyectos, implantación y operación NBR 15.115:2004 Áridos reciclados de residuos sólidos de la construcción civil - Ejecución de la capa de pavimento - Procedimientos NBR 15.116:2004 Áridos reciclados de residuos sólidos de la construcción civil - Utilización en pavimentación y preparo de hormigón sin función estructural - Requisitos
--------	--

Fuente: elaboración propia

Como se observa en la tabla anterior Portugal y Austria poseen normativas que comprenden la utilización de los RCD fundamentalmente para la construcción de carreteras y caminos, sin embargo Holanda, Bélgica, Reino Unido y Alemania no solo incluye este tipo de producciones sino también la creación de hormigones. Mientras que España a través de los Planes Nacionales de Gestión de los RCD ha logrado diversificar sus producciones hacia la creación también de hormigones estructurales. Por parte de los países latinoamericanos se destaca Brasil con la utilización de estos en capas de pavimentación y en la preparación de hormigones sin función estructural.

En el caso específico de nuestro país se cuenta desde el 2 de enero de 1975 con la ley 1288 y su Reglamento, el Decreto 3800 que constituye el fundamento legal donde se establecen los principios y normas generales de la recuperación de los residuos. Para esto tiene la siguiente estructura institucional:

El Estado asume plenamente las responsabilidades del sector al igual que las relacionadas con la preservación de la salud y el medio ambiente. El Ministerio de Economía y Planificación es el organismo encargado de orientar y controlar la conformación de los planes de los servicios comunales, el Ministerio de Salud Pública, en su carácter de órgano rector sanitario, tiene la

responsabilidad legal de dictar medidas relacionadas con el control sanitario del ambiente para proteger la salud de la población y el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente elabora y controla la ejecución de los programas que permiten un mejor control ambiental. La interrelación que se produce entre las instituciones del sector está regulada por procedimientos establecidos oficialmente en disposiciones jurídicas que especifican las atribuciones y funciones de cada una.

Además se cuenta con un buen número de documentos normativos que sustentan y rigen las producciones de los áridos naturales como: la NC 251-2005 Áridos para hormigones hidráulicos - requisitos. La cuál sustituye la NC 54-125:1985 Materiales y productos de la construcción. Áridos para hormigón hidráulico e incorpora los contenidos de la NC 54-03:1986 Materiales y productos de la construcción arena de mar para trabajos de construcción. Reglas de utilización y NC 54-256:1983 Materiales y productos de la construcción. Arena de yacimiento. Especificaciones de Calidad, a las cuales también sustituye (NC 251-2005).

Otros documentos normativos son:

- ✓ NC 177: 2002 Áridos. Determinación de % de huecos. Método de ensayo.
- ✓ NC 178: 2002 Áridos. Análisis granulométrico.
- ✓ NC 179: 2002 Áridos. Determinación del contenido de partículas de arcillas.
- ✓ NC 180: 2002 Áridos. Determinación de partículas ligeras. Método de ensayo.
- ✓ NC 181: 2002 Áridos. Determinación del peso volumétrico. Método de ensayo.
- ✓ NC 185: 2002 Arena. Determinación de impurezas orgánicas. Método de ensayo.
- ✓ NC 186: 2002 Arena. Peso específico absorción de agua Método de ensayo.
- ✓ NC 187: 2002 Árido grueso. Peso específico y absorción de agua Método de ensayo.
- ✓ NC 188: 2002 Áridos Gruesos. Abrasión. Método de ensayo.

- ✓ NC 189: 2002 Áridos Gruesos. Determinación de partículas planas y alargadas.
- ✓ NC 190: 2002 Áridos Gruesos. Determinación del Índice de triturabilidad. Método de ensayo.
- ✓ NC 200: 2002 Áridos Determinación del material más fino que el tamiz de 0,074 mm (No. 200).
- ✓ NC 54-395:1987 Materiales de la construcción. Áridos. Términos y definiciones.
- ✓ NC 54-29:1984 Materiales y productos de la construcción. Áridos. Toma de muestras.

A pesar de que Cuba tiene definida una estructura institucional para la gestión de residuos, control higiénico - sanitario y ambiental, así como normativas dirigidas a los áridos naturales, aún existen dificultades en el caso del tratamiento de los áridos reciclados, dado que a los RCD no cuentan con una normativa propia sino que se les brinda el mismo tratamiento que se utiliza para los RSU.

A continuación se muestran las últimas normas dictadas para los RSU por la Oficina Nacional de Normalización de Cuba:

- (NC-133, 2002) Residuos sólidos urbanos. Almacenamiento, recolección y transportación. Requisitos higiénicos sanitarios y ambientales.
- (NC-134, 2002) Residuos sólidos urbanos. Tratamiento. Requisitos higiénicos sanitarios y ambientales.
- (NC-135, 2002) Residuos sólidos urbanos. Disposición final. Requisitos higiénicos sanitarios y ambientales.

1.6 Desarrollo Sostenible

Desde 1987 la ONU inicia un movimiento para tratar el problema ambiental emitiendo de esta manera el Informe Bruntland. En él que se define el Desarrollo Sostenible como: satisfacer las necesidades presentes, sin impedir la satisfacción de las futuras generaciones.

Uniendo la idea de la sostenibilidad (o insostenibilidad) a las zonas urbanas, el Consejo Internacional de Iniciativas Ambientales Locales (ICLEI) formuló el siguiente concepto: el desarrollo sostenible es aquel que ofrece servicios ambientales, sociales y económicos básicos a todos los miembros de una comunidad sin poner en peligro la viabilidad de los entornos naturales, construidos y sociales de los que depende el ofrecimiento de estos servicios.

Luego en la Cumbre de la Tierra, realizada en Río de Janeiro, Brasil en el año 1992, se impulsaba el paradigma del desarrollo sostenible a través de tres tipos de sostenibilidad: ambiental, económica y social. Pues este suponía que se debía satisfacer las necesidades del hombre, integrando las preocupaciones ambientales que utilicen modelos de producción y consumo con el fin de atenuar el uso de los recursos naturales.

A su vez (Méndez, 2009) plantea en las modificaciones de las modalidades insostenibles de consumo y producción: "... evitar la producción de desechos o reducirla al mínimo y aumentar al máximo la reutilización, el reciclado y el empleo de materiales alternativos inocuos para el medioambiente, con la participación de las autoridades gubernamentales y de todos los interesados, con el objeto de reducir al mínimo los efectos adversos para el medio ambiente y aumentar el rendimiento de los recursos, y prestar asistencia financiera, técnica y de otra índole con ese fin a los países en desarrollo. Ello entrañaría la adopción en todos los planos de medidas".

En cuatro áreas principales de Programas de la Agenda 21⁷, se enuncia lo relacionado con:

- La reducción al mínimo de los residuos.
- El aumento al máximo de la reutilización y el reciclado ecológicamente racional de los residuos.
- La promoción por la eliminación y la disposición ecológicamente racional de los residuos.
- La ampliación del alcance de los servicios que se ocupan de la gerencia de los residuos.

Por lo que en el actual contexto de desarrollo sostenible, como objetivo fundamental de cualquier estrategia de manejo de residuos, se basa en la maximización del aprovechamiento de los recursos y la prevención o reducción de los impactos adversos al ambiente, que pudieran derivar de dicho manejo. Está claro que es difícil minimizar costos e impactos ambientales simultáneamente. Por lo tanto, siempre habrá que hacer juicios de valor para reducir los impactos ambientales globales del sistema de manejo de residuos, tanto como sea posible.

Este equilibrio no sólo se logra con la recolección organizada de éstos, sino con programas que se basen además en su reutilización y/o reciclaje para la obtención de áridos ecológicos que reemplacen los agregados naturales no renovables.

De ahí que un sistema de manejo de residuos: económico, social y ambientalmente sustentable, debe ser integral, orientado al mercado, flexible y capaz de manejar todos los tipos de residuos, en este caso de los RCD.

⁷ Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (UNCED), que tuvo lugar en Río de Janeiro, Brasil entre el 3 y el 14 de junio de 1992

Capitulo 99



CAPÍTULO II. EXPERIENCIAS INTERNACIONALES Y NACIONALES DEL PROCESO DE RECICLADO DE LOS RCD

2.1 Experiencias internacionales

La necesidad de reciclaje de los residuos de construcción y demolición no solamente concierne a las comunidades más industrializadas, sino también a una demanda global con diferentes prioridades. Las experiencias de países con mayor desarrollo como: Holanda, Dinamarca y Bélgica, se basan en leyes, campañas de información y actuaciones diversas que han influido en un cambio de mentalidad. Esto demuestra que el conocimiento existente proporciona la base tecnológica suficiente para el desarrollo de esta industria, debido a que esta se considera en la actualidad una actividad consolidada que dispone de leyes que exigen el uso de este tipo de residuos.

En el caso de los países latinoamericanos a pesar de no tener toda la infraestructura necesaria experimentan también en estos campos, una búsqueda en torno de atenuar la situación del agotamiento de los recursos naturales debido a las afectaciones que provoca sobre el ecosistema.

2.1.1 Orígenes del reciclaje en la industria de la construcción mundial

Uno de los casos más conocidos fue la acción emprendida para poder gestionar los residuos originados por la demolición del muro de Berlín y utilizarlos en nuevas construcciones del tipo residencial. Con este mismo lineamiento, Dinamarca realizó un interesante e ilustrativo proyecto piloto de reciclaje de escombros y confección de un nuevo concreto en 1998, cuando aprovechó el material resultante de la demolición de dos

puentes; aproximadamente 1400 toneladas fueron empleadas en un nuevo concreto para los cimientos y baldosas del suelo de nuevos edificios (Ministerrad, 1999).

En el caso de otros como España, comienza este proceso en una de sus ciudades pioneras, Barcelona con el aprovechamiento de residuos de construcción, para la remodelación de las nuevas instalaciones de la villa olímpica en el año 1992, donde se utilizaron componentes (en su mayoría pétreos) provenientes de demoliciones (Ministerrad, 1999).

En la Tabla 3 se muestran prácticas en el sector de la construcción a partir de la utilización de los RCD.

Tabla 3. Experiencias Internacionales

Países	Principales Obras
Países Bajos	<ul style="list-style-type: none"> - Construcción de los estribos de un viaducto en la carretera RW 32 cerca de Meppel (1988). - En 1990 se construyó un segundo viaducto en esa misma zona. - En las obras de la compuerta del puerto en las proximidades de Schijndel (1992). - Entre 1997 y 1998 se construyeron 272 casas unifamiliares empleando un 100 % de árido reciclado.
Reino Unido	<ul style="list-style-type: none"> - En el año 1995 se realizó la construcción de un bloque de oficinas en Watford. - Construcción de la losa de la segunda planta de un edificio de la ciudad de Cardington (1996).
Bélgica	<ul style="list-style-type: none"> - Para la ampliación del puerto de Antwerp, se procedió en 1987 a la demolición de varios muros del puerto y la construcción de una compuerta mayor.
Alemania	<ul style="list-style-type: none"> - Construcción de grandes bloques de hormigón como elementos decorativos en el Centro de Exposiciones de Magdeburg (1999). - De 1993 a 1994 se construyó la sede de la Fundación Alemana para el Medioambiente (Deutsche Bundesstiftung Umwelt). - De 1996 a 1997, se desmanteló una zona militar a las afueras de Itzehoe y los escombros generados se reutilizaron para la construcción de esa misma zona.
Japón	<ul style="list-style-type: none"> - Se emplean los áridos reciclados como material para la fabricación de bloques de hormigón prefabricados.
China	<ul style="list-style-type: none"> - El Viaducto de Lai Chi Kok (LCKV), Hong Kong es parte de la nueva Route 8 que unió el aeropuerto internacional de ChepLapKok con la zona de Shatin.

Estados Unidos	- En la ampliación de 7000 carreteras en Wyoming por la Asociación Federal de Carreteras en 1985
México	- Construcción de viviendas en el Estado de Quintana Roo.

Fuente: elaboración propia a partir de (Gutierrez, 2008, Monzón, 2013)

2.1.2 Unión Europea (UE)

En el panorama internacional se observa que el grado de reciclaje de cada país depende principalmente de la disponibilidad de materias primas y del impacto medioambiental que suponga el depósito en vertedero.

Partiendo de las estimaciones hechas por el Informe (Symonds, 1999) se ha preparado una tabla simplificada que ilustra el volumen de los RCD que se generan en los distintos estados miembros de la UE en conjunto con sus tasas de reciclaje y vertido.

Tabla 4. Volumen, tasa de reciclaje y vertido de los RCD alcanzadas por los estados miembros de UE en el año 1999

Países	RCD originado (Mt)	Tasa de reciclaje (%)	Tasa de Vertido (%)
Holanda	11	90	10
Bélgica	7	87	13
Dinamarca	3	81	19
Reino Unido	30	45	55
Finlandia	1	45	55
Austria	5	41	59
Suecia	2	21	79
Alemania	59	17	83
Francia	24	15	85
Italia	20	9	91
España	13	menos 5	Más 95
Portugal	3	menos 5	Más 95
Grecia	2	menos 5	Más 95
Irlanda	1	menos 5	Más 95

Fuente: Informe (Symonds, 1999)

La tabla anterior permite realizar un agrupamiento de los estados miembros de la UE en este sentido daría el siguiente resultado:

- Holanda, Bélgica y Dinamarca superaban la cifra del 80 % de reciclaje dentro de la corriente básica de los RCD. Los dos primeros mantienen un altísimo grado de reciclaje debido principalmente a la escasez de áridos vírgenes, y destacándose por sus bajos porcentajes vertidos, los cuales no superan el 20 %. Uno de los instrumentos para conseguir estos elevados porcentajes de reciclado ha sido el incremento del costo del vertido en algunos casos como Dinamarca u Holanda (Ver Anexo X).
- Finlandia, Austria y el Reino Unido reciclan entre el 40 y el 45 % de los residuos básicos de construcción y demolición. El elemento catalizador para impulsar el reciclaje reside en una política de gestión de residuos que utiliza instrumentos de tipo económico (impuestos sobre el vertido) y legales (obligación de demoler selectivamente, acuerdos voluntarios, planificación y control).
- Suecia, Alemania y Francia reciclan entre el 15 y el 25 % de los RCD, donde se reportan tasas de vertido en torno al 79 y el 85 % de los RCD.
- Italia, Portugal, Grecia, Irlanda y España presentaban una situación de reciclaje que podía calificarse de marginal dado que el porcentaje de vertido en estos países supera el 90 %.

A partir de dicho informe se han realizado estimaciones hasta nuestros días con el fin de mostrar la gran diferencia existente entre los diversos países de la Unión Europea como se observa en la Tabla 5.

Tabla 5. Volumen, tasa de reciclaje y vertido de los RCD alcanzadas por los estados miembros de UE en el año 2011

Países	RCD originado (Mt)	Tasa de reciclaje (%)	Tasa de Vertido (%)
Holanda	23,90	98	2
Dinamarca	5,27	94	6
Alemania	72,40	86	14
Irlanda	2,5	80	20
Reino Unido	99,10	75	25
Bélgica	11,02	68	32
Austria	6,6	60	40
Francia	85,65	45	55
Finlandia	5,21	26	74
España	31,34	14	86
Portugal	11,42	5	95
Grecia	11,04	5	95
Italia	46,31	0	100
Suecia	10,23	0	100

Fuente: Informe (European, 2011)

En algunos países, como Dinamarca y Holanda, se han mantenido en el nivel superior, incluso han mejorado su tasa con cifras que se elevan por encima del 93 %. Esto está en correspondencia con la disminución de sus tasas de vertido, las cuales son inferiores al 10 % y a su vez con el aumento de sus producciones a pesar de no ser las más altas. Mientras que en el caso de Bélgica no se ha comportado con esta tendencia creciente a pesar de que también han aumentado la generación de los RCD.

Se ha creado un nivel superior con países como Irlanda y Alemania que han dado un gran despegue hasta alcanzar rangos entre el 80 y el 90 %. Este progreso ha sido propiciado por el aumento en el número de plantas y por el mayor control en la implementación de sus políticas, logrando tasas de vertido entre un 10 a un 20 %.

Otros países, como Reino Unido, Bélgica, Austria y Francia, logran tasas de reciclaje de 75 %, 68 %, 60 % y 45 % respectivamente siendo inferiores a los niveles anteriores, a pesar de

que países como Reino Unido y Francia cuentan con las mayores generaciones de los RCD sus tasas de vertido son altas, alcanzando en el caso de Francia hasta un 55 %.

Luego aparece Finlandia que no ha logrado mantenerse, llegando a disminuir su tasa de reciclaje hasta un 26 %. Pero también se encuentra España que al igual que Irlanda ha dado un despegue significativo que le permite eliminarse de la lista del resto de países como Grecia, Italia, Portugal y Suecia que siguen con tasas marginales menores del 5 %, lo que supone tasas de vertido por encima del 95 %.

A modo de resumen se observa que a nivel internacional la situación existente es positiva pues se encuentran países como Dinamarca y Holanda con altas tasa de reciclaje de más de un 90 % lo cual viene dado por el gran control que ha realizado el gobierno en la implementación de políticas dirigidas a disminuir el vertido logrando valores inferiores a un 10 %. Pero también se observan países con Irlanda y España que a pesar de no ocupar los primeros puestos han logrado un ascenso significativo en la lista por la creación de normativas que han influido en el aumento el costo del vertido.

2.1.3 Países latinoamericanos

El proceso de reciclado de los residuos sólidos en América Latina y el Caribe ha evolucionado paralelamente al crecimiento económico e industrial de la región. Hasta 1991 este era un tema no resuelto a pesar de que existían múltiples enfoques en torno a los impactos en la salud y en el medio ambiente generados por los residuos industriales.

Luego de este año, la CEPAL⁸ junto con otras instituciones, ha desarrollado un proyecto para la gestión ambiental adecuada de los residuos industriales con el apoyo financiero del gobierno de Alemania. Durante los últimos cinco años se ha trabajado en 6 países: Argentina (Municipio de Córdoba); Colombia (Municipalidad de Cartagena de Indias); Costa Rica, Brasil y Chile (alcance nacional); y finalmente, en Ecuador (Municipalidad de Quito) (Rebolledo, 2009). Convirtiéndose en un tema político permanente el tratamiento adecuado de los RCD, en el cuál se intentan aplicar nuevos conceptos relacionados con la financiación de los servicios y la mayor participación del sector privado, así como una insistente participación de la población en cada uno de ellos.

En este sentido se exponen los resultados alcanzados en Brasil, por ser este el que más datos refiere acerca de los RCD.

Es el primer país en América Latina donde fue instalada una planta cuyas operaciones se enfocan en el reciclaje, a partir de la Resolución emitida por el Congreso Nacional del Medio Ambiente - CONAMA en el año 2002, la cual trata específicamente de los residuos de la construcción civil, de ahí que algunos municipios de este país vengan implantando acciones para reciclado del escombros, pautadas en la Legislación Municipal adecuada, como es el caso del municipio de Salvador, Belo Horizonte, Ribeirão Preto, Londrina, São Paulo, entre otros, que ya poseen instalaciones de reciclaje de residuos de construcción implantadas (Cortés et al., 2015). Este país es el único de América Latina que logra ocupar un lugar en la lista de países más desarrollados en este proceso de reciclaje oscilando su tasa como promedio entre un 7 a un 8 % para el año 2012 (Peña, 2012) y en el caso del año 2015 se mostraba con un valor incluso menor de un 5 %, que en comparación con los

⁸ CEPAL: Comisión Económica para América Latina y el Caribe

países europeos como Holanda y Dinamarca que alcanzan tasas por encima de un 95% hacen ubicarse a Brasil en uno de los últimos peldaños de la lista de los países con tasas de al menos un 5% por lo que aún posee prácticas muy modestas en este proceso (Rainho, 2015).

Aunque en algunos países como Colombia, México y Argentina la gestión y el manejo de los RCD muestran varios logros significativos, pero muchos de los entes relacionados hacen caso omiso, perjudicando el entorno y aumentando la cantidad de escombreras ilegales en el país, lo que genera una inadecuada disposición de estos materiales con potencial reutilizable. Por lo que sus prácticas de reciclaje pueden considerarse modestas.

El reciclaje de residuos de la construcción, ha sido de interés en grandes proyectos internacionales relativos a la rehabilitación y reconstrucción, pero también debe serlo en lugares como el nuestro, pues son muchas las porciones de paisaje que se han ido perdiendo debido a la extracción de materias primas para la confección de materiales de la construcción, como también los problemas de su vertido, que afectan no sólo lo estético, sino la vida útil de los rellenos sanitarios y, por consiguiente, las condiciones de habitabilidad urbana.

2.2 Experiencias en Cuba

Cuba, al igual que Reino Unido y otros países de plataforma insular, no cuenta con las condiciones extraordinarias de reservas naturales que existen en los países de plataforma continental como Alemania y Austria.

Nacionalmente, están en producción 60 canteras a cielo abierto para la obtención de áridos de diferentes granulometrías, destinados a la producción de morteros y hormigones. Pero estas no brindan los áridos suficientes para surtir la demanda del sector de la construcción.

Toda esta situación ha producido cierta preocupación por los organismos políticos y de dirección del Estado Cubano lo cual se refleja en los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución (PCC, 2011). En su capítulo XI Política para las Construcciones, Viviendas y Recursos Hidráulicos plantea:

233. Recuperar e incrementar la producción de materiales para la construcción que aseguren los programas inversionistas priorizados del país (turismo, viviendas, industriales, entre otros), la expansión de las exportaciones y la venta a la población.

Desarrollar producciones con mayor valor agregado y calidad. Lograr incrementos significativos en los niveles y diversidad de las producciones locales de materiales de construcción y divulgar sus normas de empleo.

235. Promover la intensificación del reciclaje y el aumento del valor agregado de los productos recuperados, priorizando actividades de mayor impacto económico con menos recursos y su recapitalización, según las posibilidades de la economía.

296. Satisfacer con la calidad requerida, por la industria de materiales de la construcción, con énfasis en la producción local de materiales, la demanda para la venta a la población con destino a la construcción, conservación y rehabilitación de viviendas.

Como se refleja anteriormente el país ha impulsado a la búsqueda de nuevas técnicas y tecnologías de reciclaje a través de la utilización de productos recuperados en este caso de los RCD.

En la Figura 1 se muestra la generación de los RCD por cada una de las provincias más significativas en el país siendo La Habana la que ocupa el primer lugar dada su densidad poblacional y el mal el estado en que se encuentran sus edificaciones pues la mayoría se remontan a la época de la colonia española.

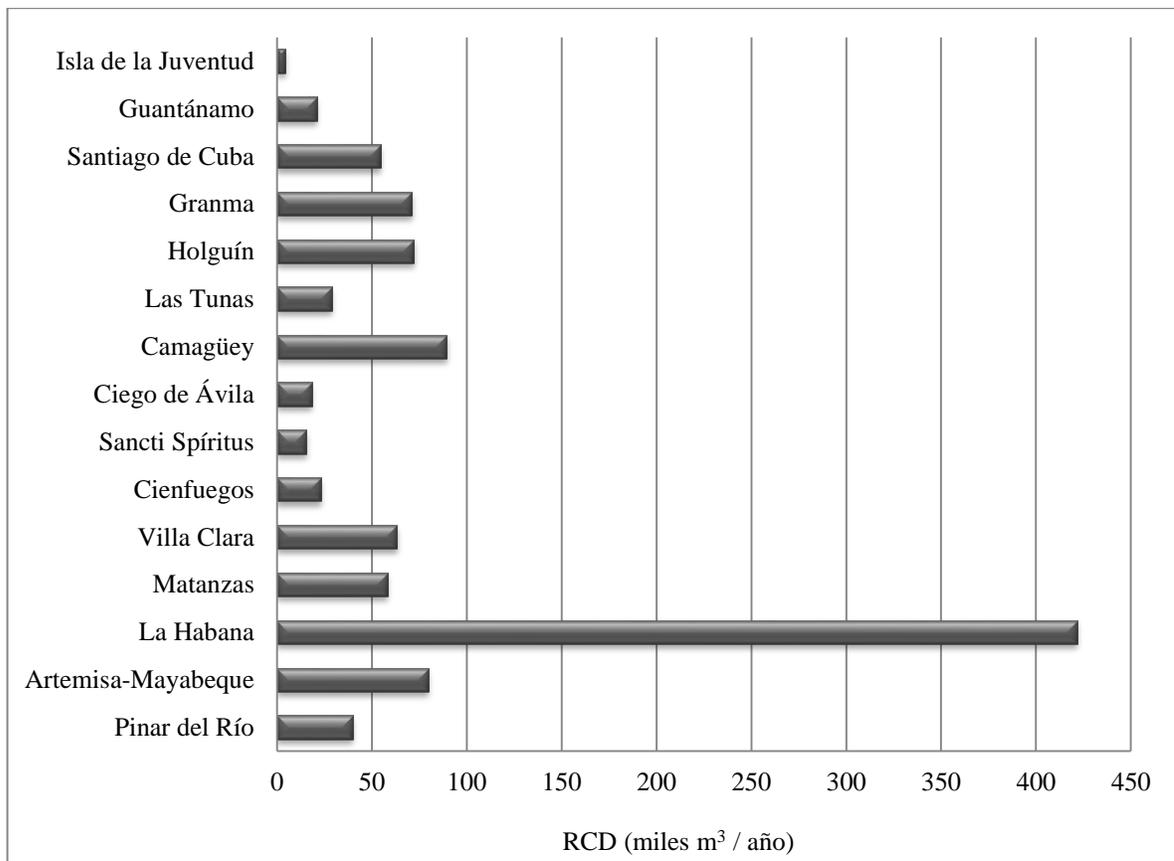


Figura 1. Gráfico del volumen de los RCD por cada una de las provincias Fuente: (Aleaga et al., 2013)

Esta logra alcanzar cifras por encima de 400 m³ al año convirtiéndose en un punto de mira para varios proyectos, siguiéndole las provincias de Camagüey y Artemisa – Mayabeque.

Luego de estas pero con valores muy similares por encima de los 50 m³ al año se posicionan Holguín, Granma, Villa Clara, Matanzas y Santiago de Cuba.

En el siguiente epígrafe se expone la situación en que se encuentra La Habana que la hace convertirse en el punto de partida de este proyecto.

2.2.1 La Habana

En La Habana se genera alrededor del 37% del total de los residuos de Cuba, casi las 2/5 partes, lo que resalta la importancia del reciclaje en esta provincia y, por ello, la necesidad de estudiar los residuos que en ella se producen.

La capital ofrece cifras acumuladas de producción de escombros superiores a los 3 200 000 m³ y con más de 2 760 000 m² de edificaciones demolidas en los últimos 35 años. De ellos menos del 2% se han reutilizados como material constructivo o de estabilización de suelos y el resto no es disponible.

Tabla 6. Volumen de área demolida y cantidad de derrumbes en La Habana desde 1991 hasta el 2011

Años	Índice	
	Área Demolida (m ²)	Derrumbe (U)
1991	47860	109
1992	70330	181
1993	27677	213
1994	65058	313
1995	88664	104
1996	129024	276
1997	178818	136
1998	199805	313
1999	224918	418
2000	245867	260
2001	24000	500
2002	241178	600
2003	317390	601
2004	134100	582
2005	113371	1331
2006	126201	936
2007	865	1086
2008	156700	1396
2009	111510	992
2010	155760	1202
2011	122661	805
Total	2781757	12354

Fuente: (Pavón et al., 2008)

Actualmente se estima en 8 800 m³ los escombros generados por mes, unos 105 600 m³ anuales. La Tabla 6 muestra cómo ha sido la situación de la provincia desde 1991.

Durante los años comprendidos entre 2011 al 2015 las cifras de escombros han aumentado de manera considerable obteniéndose acumulados de 680 000 m² de área demolida y 7000 derrumbes más.

En función de atenuar esta problemática el país desde 1998 se planteó la creación de dos plantas fijas de reciclaje en conjunto con el País Vasco, una perteneciente a la Oficina del Historiador, ubicada en el Paso Superior de Luyanó en cercanía a la intercepción de Avenida Vía Blanca y Fábrica debajo del paso elevado, en el municipio 10 de Octubre, que la misma se encarga de procesar residuos de cerámica, mampostería y hormigón. La otra es la Planta de Reciclaje de Áridos "El Husillo", situada en las cercanías del Parque Metropolitano la cual se encuentra en este momento descapitalizada, pero se está trabajando para lograr lo antes posible su puesta en marcha (Sarduy Morfa, 2012).

Como parte de la Oficina del Historiador se encuentra el Proyecto la Constructora "Puerto de Carenas", que dispone de una planta fija de reciclaje de escombros, un laboratorio de control de la calidad tanto para ensayos químicos, como físicos - mecánicos, una planta fija de tratamiento y una fábrica de bloques huecos de hormigón, la cual cuenta con los siguientes equipos: una ponedora marca "MAXIM" (fabricadora de bloques), una trituradora marca LEM 48-25 y un seleccionador vibrante.

Esta planta ha logrado alcanzar tasas de reciclaje menores del 7 % en el 2006, lográndose un crecimiento notorio a partir del año 2007 en 24 % continuó creciendo en los siguientes años siendo en el 2009 de 36 % y en el 2013 de 42 %. Todo esto ha permitido que si antes en una jornada se procesaban 5 m³ ahora en tan solo en una hora se logra de 5 a 15 m³.

A continuación se muestran algunos de los logros alcanzados:

- Aplicación de los RCD en más de 80 obras del Centro Histórico, mayormente como mortero de albañilería y material de relleno (“Amargura # 56”, “Café Habana”, “Parque Cristo”, “Muralla # 408”, “Palacio del 2do. Cabo”, “Sarrá # 19”, “Redes eléctricas soterradas”, etcétera).
- Empleo de bloques huecos de hormigón elaborados con RCD (“Capdevila”, “San Ignacio # 255”, “Lamparilla # 64, # 156, # 158”, “Sarrá # 19”, “Emboque de Luz”, etcétera).

A pesar de los logros alcanzados hasta el momento hay que tener en cuenta que La Habana cuenta con 15 municipios que generan grandes cantidades de escombros. Algunos ejemplos son:

- ✓ Boyeros genera $1100 \text{ m}^3/\text{día} = 28600 \text{ m}^3/\text{mes}$
- ✓ Habana Vieja genera $900 \text{ m}^3/\text{día} = 23400 \text{ m}^3/\text{mes}$
- ✓ Guanabacoa genera $450 \text{ m}^3/\text{día} = 13\,500 \text{ m}^3/\text{mes}$
- ✓ Arroyo Naranjo genera $150 \text{ m}^3/\text{día} = 4500 \text{ m}^3/\text{mes}$

Debido a alta generación de los RCD en el caso de algunos municipios de La Habana, se ha promovido un Taller Internacional de Resiliencia Urbana, auspiciado por el PNUD⁹, donde se formuló el proyecto de cooperación: “Contribución a la elevación de la resiliencia urbana de las principales provincias de Cuba”. El cual cuenta con el Instituto de Planificación Física (IPF) como líder del proyecto, acompañado por la Agencia de Medio Ambiente (AMA), el Instituto de la Vivienda (INV), el Ministerio de la Construcción (MICONS), y el

⁹PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil (EMNDC). También participan los gobiernos de las provincias de Santiago de Cuba, Granma y La Habana; las Direcciones Provinciales y Municipales de Planificación Física (DPPF y DMPPF), las Direcciones Provinciales y Municipales de la Vivienda (DPV y DMV) y las Universidades del territorio. Además el proyecto posee la colaboración del Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-Hábitat). Este incluye otras provincias como: Granma y Santiago de Cuba debido a los desastres naturales (ciclones y fallas sísmicas) que estos afrontan. En este trabajo solo será tratada La Habana pues es la que cuenta con peor situación.

Por lo que actualmente se ha decidido a través de este proyecto la implementación de nuevos molinos como se muestra a continuación, con el objetivo de disminuir la generación de los RCD a través del aumento de la producción de áridos reciclados:

✓ Boyeros con 4 molinos situados en:

1- Santiago de las Vegas

2- Wajay

3- Capdevila

4- Calabazar

✓ Habana Vieja con 3 molinos situados en:

1- San Isidro

2- Belén

3- Jesús María

✓ Guanabacoa con 4 molinos situados en:

- 1- La Jata
- 2- Reparto Mañana
- 3- El Roble
- 4- El Mikito

✓ Arroyo Naranjo con 3 molinos situados en:

- 1- Párraga
- 2- Mantilla
- 3- Managua

Con la implementación de estos molinos se pretende acercar la producción de materiales a aquellos consejos populares de los municipios que más acciones constructivas por esfuerzo propio tengan, crear condiciones para el crecimiento de al menos un polígono o local de materiales de la construcción por Consejo Popular que tenga cerca un centro comercializador, lo que permite el ahorro de combustible y a su vez genera nuevas fuentes de empleo.

El sector no estatal también se ha visto envuelto en la problemática de los escombros en La Habana y se ha logrado insertar a partir de la creación en abril del 2015 de una Cooperativa No Agropecuaria con el nombre de AleXcon situada en calle Plácido esquina Valladares en

el municipio de Guanabacoa, creada en sus inicios con el objetivo de producir materiales de la construcción a partir del reciclaje de escombros y piedras de canteras, la cual en diciembre decide ampliar su objeto social para la rehabilitación del fondo construido y la recuperación del Centro Histórico de Guanabacoa.

Esta posee un equipamiento tecnológico mínimo pero eficiente para tales acciones:

- 2 Molinos trituradores fijos con capacidad de producción de 20 m³ diarios (total de 40 m³)
- 1 Molino triturador móvil con capacidad de producción de 10 m³ diarios
- Dos máquinas de bloques hormigón, prensado (15 y 10 cm) que producen 1000 bloques diarios.
- Máquina de losas prensadas: hidráulica y granito que produce 250 losas diarias.
- Un camión de 6 t de capacidad.
- Un tractor.

Niveles de capacidad:

- Capacidad de recepción: hasta 25000 m³ de escombros.
- Capacidad de almacenaje: hasta 5000 m³ de áridos y 2000 m² para elementos varios.
- Capacidad instalada: 50 m³ diarios.

Estos equipos representan 50 m³/día lo que pudiera representar hasta 1 300 m³ mensuales, unos 15 600 m³ anuales.

Logrando acumular las siguientes producciones hasta marzo del 2016 que se muestran en la Tabla 7

Los resultados alcanzados demuestran no solo el aumento de sus tasas de reciclaje sino también el aumento de sus producciones con

una alta gama de productos en seco, con el mínimo uso de espacios y con bajos costos de adquisición y energéticos.

Por lo que la provincia de La Habana se muestra como una de las principales promotoras de proyectos que van en búsqueda de soluciones para el incremento creciente y sostenido de los RCD, incluso con participaciones del sector no estatal pero aún se muestra como las tasas de reciclaje no logran enfrentar la cantidad de derrumbes y áreas demolidas que posee el territorio.

2.2.2 Villa Clara

La provincia de Villa Clara no se encuentra inmersa en el Proyecto de la Resiliencia Urbana, aunque si tributa al Proyecto Hábitat II que contribuye a la realización de un diagnóstico en los municipios, en función de potenciar las nuevas formas de gestión en el sector de la construcción. Mediante este proyecto se han realizado disímiles estudios

Tabla 7. Producción de la Cooperativa en marzo del 2016

Concepto	Cantidad (m ³)
Recogida y manejo de escombros	1 060
Molida y producción Arena	1 380
Polvo de piedra	460
Gravilla 1/4"	704
Gravilla 1/2"	70
Piedra 3/4"	90
	56

Fuente: elaboración a partir de datos ofrecidos por el representante de la cooperativa no agropecuaria AleXcon

relacionados con el tema en búsqueda de soluciones sostenibles, para ello cuenta con la colaboración de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), la cual es la encargada de la aprobación del financiamiento para su ejecución. En este se destacan los resultados obtenidos en el CIDEM¹⁰, en la línea de investigación “Escombros” con el fin de producir un material alternativo: árido reciclado. Los municipios participantes son Manicaragua, Remedios, Sagua la Grande, Placetas y Quemado de Güines.

Dentro de las problemáticas analizadas se encuentran: la vivienda, el programa inversionista, los desastres naturales y la explotación de canteras, que son algunas de las causas que traen como secuela una alta y creciente demanda de áridos.

Ante esta situación se evidencia que existe un aumento progresivo de la extracción de piedras en las canteras para los diferentes fines, lo que permite satisfacer en gran medida la demanda industrial de estos materiales. No obstante a este aumento progresivo, en el territorio solo existen tres canteras en explotación, Armando Mestre (El Purio) en Encrucijada, Raúl Cepero Bonilla (Palenque) en Camajuaní y Sergio Soto (El Hoyo) en Manicaragua. La de mayor capacidad de producción es el molino de piedra de “El Purio” la cual le quedan 15 años de vida útil, en el caso de “Palenque” le quedan 25 años y para el “Hoyo de Manicaragua” solo un año haciendo más complicado satisfacer la demanda del sector constructivo.

La provincia de Villa Clara tiene entre sus retos mejorar el fondo habitacional de la provincia, cuyo 40,2 % se encuentran en regular o mal estado, con afectaciones de la calidad ambiental en áreas residenciales fundamentalmente de la periferia y sitios de valor patrimonial. Según información brindada por la Dirección Provincial de Vivienda en Villa

¹⁰ Centro de Investigación y Desarrollo de Estructuras y Materiales

Clara, con cierre diciembre del 2015, el total de viviendas en la provincia es de 292644 de las cuales se halla en buen estado técnico - constructivo el 59,8 %, un 28,2 % de regular y en mal estado un 12 %, estas últimas requieren acciones de rehabilitación para garantizar su conservación.

Un aspecto trascendente, que se relaciona en gran medida con el estado de las viviendas, son los desastres naturales, al ocasionar cuantiosas pérdidas económicas y ambientales, en particular los ciclones tropicales; pues su ocurrencia, afecta seriamente las edificaciones e infraestructuras y agudizan aún más la situación del fondo habitacional. En Villa Clara, es preciso señalar el azote de cuatro huracanes (Fay en agosto, Gustav e IKE en septiembre y Paloma en noviembre) en el año 2008 y en el 2012 se sitúa Sandy en el mes de noviembre. La cantidad de viviendas dañadas por el impacto de estos huracanes asciende a 910 361, de ellas 107 442 fueron totalmente destruidas; en el 2008 las cifras fueron alarmantes, al alcanzar 647 111 y 84 737 respectivamente.

En búsqueda de afrontar el impacto ocasionado por los huracanes es en el año 2009 donde se encuentran los mayores flujos de inversiones. A partir del 2010 se exhibe un descenso, como resultado a la aplicación con mayor severidad de la Resolución 91/2006 "Indicaciones para el Proceso Inversionista" y con la posterior aparición del Decreto - Ley No. 304 "De la Contratación Económica", publicado el 27 de diciembre del 2012. A pesar de los esfuerzos realizados el volumen de inversión que posee la provincia es sólo de un 7 % en el año 2015 lo cual aún es insuficiente para hacer frente a las problemáticas del sector de la construcción.

La provincia de Villa Clara a pesar de los diferentes esfuerzos realizados por el gobierno en colaboración con otros países y los múltiples estudios efectuados por la Universidad

Central “Marta Abreu” de Las Villas y el CIDEM, no se logra alcanzar un alto grado de planificación y organización en el proceso. Uno de los municipios que cuenta con la situación más crítica es Santa Clara.

2.2.3 Santa Clara

Teniendo presente el controversial problema de los escombros en la ciudad de Santa Clara y que esta a su vez, no se encuentra inmersa en el Proyecto Hábitat II, desde el 7 de marzo de 2016, el gobierno toma la decisión de encargar a la Dirección Provincial de Servicios Comunes en Villa Clara, la cual sita en Juan Bruno Zayas No. 2 e/ Marta Abreu y Padre Chao a prestar el servicio de recogida y transportación de escombros embalados no a granel a la población, conformándose de esta manera el proyecto Sistema de Recogida de Escombros.

Este proceso se inicia con la recepción de las peticiones de los clientes en la Sala de Análisis Provincial a través de los teléfonos 42201654, 42294372 y 42205731; y luego se accede por parte de Comunes a la dirección del cliente para prestar el servicio y que se efectúe el pago.

En la siguiente tabla se muestra como se encuentra estructurado:

Tabla 8. Estructura del proceso de recogida de escombros por días de la semana

Días	Lunes, Miércoles y Viernes	Martes, Jueves y Sábados
Zona	Zona 1	Zona 2, 3, 4, 5, 6, 6 A y 8
Equipo	2 camiones abiertos, 1 cargador	2 camiones ampiroll, 2 camiones abiertos y el cargador
Personal	2 brigadas de 6 tiradores cada una y 3 choferes	3 brigadas de con 6 tiradores cada una y 5 choferes

Fuente: elaboración propia a través de los datos recogidos en la Dirección Provincial de Servicios Comunes en Villa Clara.

Nomenclatura de las Zonas:

Zona 1: Consejo Popular Centro

Zona 2: Consejos Populares Camacho y Libertad

Zona 3: Consejos Populares Capiro y Santa Catalina

Zona 4: Consejos Populares Sandino y Vigía

Zona 5: Consejo Virginia

Zona 6: Consejos Populares Condado Norte

Zona 6A: Consejos Populares Condado Sur

Zona 8: Consejo Abel Santa María

Esta redistribución no permite trabajar los domingos y se le presta este servicio solo a las Zonas que se encuentren dentro del perímetro de la circunvalación.

En la Tabla 9 se muestran los elementos fundamentales del servicio. La recogida de los escombros se realiza en sacos los cuales son revisados por un supervisor para determinar su volumen antes de realizar su cargue en los camiones y el monto que debe pagar el cliente. El precio del mismo es fijo a pesar de la distancia que sea recogida, es decir, que este no se altera por el combustible que sea consumido. El salario de los trabajadores se determina de acuerdo a la cantidad recogida, por lo que no es fijo.

Tabla 9. Elementos fundamentales para el servicio

Elementos	Medidas
Precio del saco de escombros	\$4,00
Precio 1 t de escombros	\$ 40,00 (10 sacos)
Cantidad de escombros recogidos	8 t/viaje
Jornada	3 viajes/día
Total viajes/mes	78 viajes (26 días)
Precio del combustible	0,58 \$/litro
Cantidad de combustible	15 L/viaje (1170 L/mes)
Precio del combustible por viaje	8,70 \$/viaje (678,60 \$/mes)
Promedio de salario diario por trabajador	\$ 68,57 = ((\$20,00 x 8 t x 3 viajes)/7trab)
Estimado de salario diario de 1 brigada con 7 trabajadores	\$479,99 (\$ 68,57 x 7 trab)
Estimado de salario (promedio/trabajador/mes)	\$ 1782,82 (\$68,57 x 26 días)
Estimado de salario	\$ 12479,74 (\$1782,82 x 7 trab)

(promedio/brigada/mes)

Fuente: elaboración propia a través de los datos recogidos en la Dirección Provincial de Servicios Comunes en Villa Clara

A continuación se muestran una síntesis del Manual de Procedimientos y Normas Técnicas para la Actividad de Higiene Comunal y Ambiental de los RSU en función de las normativas dirigidas a la recogida de escombros:

1. El equipamiento de las Direcciones de Servicios Comunes, no está diseñado para ejecutar la recogida de escombros en grandes volúmenes.
2. Los escombros que son generados por las Empresas constructoras, de mantenimiento o similares, las que atienden los viales, las redes técnicas soterradas, las que ejecutan las demoliciones o las que limpian tragantes, zanjas, etc., son las responsables de la retirada de escombros u otros residuos sólidos resultantes de su trabajo.
3. Las Empresas antes mencionadas, cuenten o no con los medios para la recogida de los residuos sólidos generados, los deberán retirar en el plazo que se determine por las autoridades competentes (direcciones de Arquitectura y Urbanismo y las Direcciones Integrales de Supervisión)
4. Es responsabilidad de Servicios Comunes la recogida de residuos sólidos (Basura domiciliaria, tarcos, etc.) que personas indisciplinadas sitúen encima de los escombros que se hayan depositado por las Empresas constructoras u otras.
5. Es responsabilidad de la población la retenida de los escombros que se generen en la construcción o reparación de viviendas u otros locales. Si se llegasen a colocar en la vía u otros espacios públicos, sin la autorización de las autoridades

correspondientes, será aplicado lo establecido en el Decreto 272 del Comité del Consejo de Ministros para estos casos por parte de los Supervisores Integrales.

6. En cada localidad (Zona Comunal) se deberá tener por Servicios Comunales el control de las viviendas autorizadas a reparación o construcción por esfuerzo propio para alertar al propietario o poseedor que no puede lanzar los escombros a la vía u a otro espacio sino se le impondrá la multa correspondiente. Que con los mismos medios que utilizó para trasladar los materiales de construcción, o con los que entienda, debe evacuar los escombros.
7. En cada localidad (Zona Comunal) se deberá estrechar los vínculos con los Superiores Integrales y brindarles toda la información necesaria para que pueda proceder a imponer las multas correspondientes a los que indisciplinadamente vierten escombros a la vía u otros espacios públicos.
8. En cada municipio se deberá estrechar las coordinaciones con las Direcciones Integrales de Supervisión, con la participación del Gobierno en cada territorio, para incrementar las acciones conforme a las Indicaciones para el Trabajo Conjunto, basándose en lo establecido en el Decreto 272 del Comité del Consejo de Ministros y con el Ordenamiento Territorial, el Ornato Público y la Higiene Comunal. Se hará análisis conjunto con las DIS en cada territorio y se tomarán las medidas necesarias brindando a las mismas toda la información necesaria para mejorar el trabajo de enfrentamiento a las indisciplinas con el ornato y la higiene.

En situaciones de Desastres Naturales

La acumulación de escombros y restos de demolición se convierte en la causa principal de afecciones respiratorias, al igual que la presencia de grandes cantidades de cenizas.

Es recomendable que como parte de la activación del sistema de respuesta, el equipo de trabajo a cargo del mando designe a un equipo mixto especializado para el manejo de los aspectos de saneamiento básico compuesto por: representantes del gobierno local (municipio, provincia o estado, de las instituciones gubernamentales (organizaciones de defensa, sectores de transporte y construcción, ejército) y organizaciones de apoyo especializadas (agencias internacionales, organismos no gubernamentales). Este equipo deberá consignar a su vez a los responsables del manejo de los residuos sólidos, a quienes debe brindarse las facilidades requeridas, de acuerdo a los recursos existentes y a las prioridades establecidas por el comando.

Para el manejo de escombros después de un desastre natural es necesario seleccionar métodos de demolición rápidos y efectivos que faciliten el rescate de personas y no debe olvidarse tener mucho cuidado para evitar colapsos después del desastre, lo que puede ocasionar mayores daños.

Este proyecto ha tenido un impacto positivo en el municipio dado el alto volumen de escombros que han sido recepcionados evitando de esta manera su inadecuado posicionamiento y afectaciones medioambientales, pero se debe seguir trabajando ya que aún no se le da ningún tipo de procesamiento a los escombros que permita su posterior aprovechamiento a través de la reutilización o reciclaje, sino que son enviados directamente al vertedero Municipal. A esto se le suma que se les rige en conjunto con los RSU así

cuando no forman parte de este grupo y que existen zonas que por su lejanía no se encuentran inmersas en este proyecto.

2.2.4 Manicaragua

Manicaragua es uno de los municipios de Villa Clara que ha dado los primeros pasos dentro del Proyecto Hábitat con la creación del Taller de Construcción y Mantenimiento perteneciente a la Empresa Provincial de Construcción y Mantenimiento (EPCM) Agrupación 007, que se subordina al Consejo de Administración Provincial (CAP); este se sitúa en la carretera de la circunvalación.

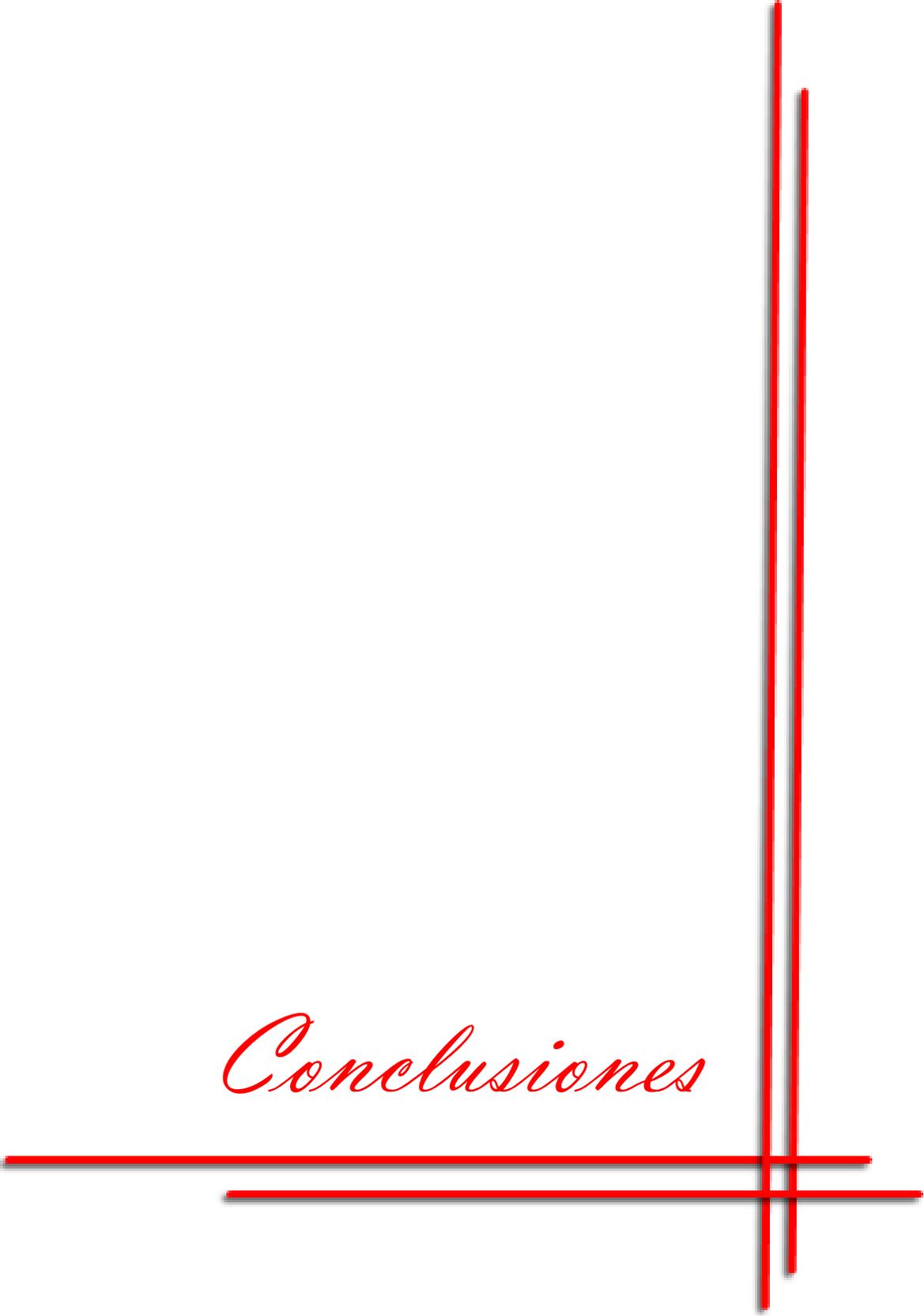
La entidad cuenta con una brigada compuesta por 11 trabajadores y posee un equipamiento tecnológico compuesto por: una máquina de bloques, un molino de áridos, dos hormigoneras, una máquina para hacer tejas, un sistema de moldes de vigas Sipret y un molino de bolas MB- 600.

Las materias primas utilizadas son provenientes de distintos lugares bastante alejados del proceso productivo: el granito, la piedra de hormigón, la arena artificial y el polvo de piedra son obtenidos de la cantera El Purio ubicada a 77 km, la gravilla de la cantera Armando Mestre ubicada a 89 km, la arena lavada de la cantera El Hoyo ubicada a 11 km, el cemento es proveniente de la fábrica Carlos Marx de Cienfuegos ubicada a 65 km y la grava de la Macagua ubicada a 15 km, en el caso de los materiales que se reciclan son provenientes de los productos defectuosos del proceso de producción y los que sufren daños durante el traslado al patio del MINCIN. Estos luego de ser recogidos son procesados en el molino de mandíbula para la obtención de árido grueso y en el molino de martillo para obtener árido

fino el cual servirá para sus diferentes producciones como bloques de (10, 20 y 40) cm, vigas de hormigón, tabletas de techo, balaustres redondos, tejas de micro concreto, losas hexagonales, mesetas de hormigón, tanques de agua, lavaderos, fregaderos y postes para cercas.

A pesar de que este taller obtiene buenos resultados, en comparación con el resto de los existentes en la provincia, hay que resaltar entre sus principales dificultades la falta de materias primas, sobre todo la gravilla, granito, polvo de piedra y piedra de hormigón, altos gastos en combustible dado por las lejanías de sus proveedores y la necesidad de piezas de repuesto para la reparación y mantenimiento del equipamiento, lo que limita sus producciones.

Conclusiones

The image features a decorative graphic on the right side consisting of two vertical red lines and two horizontal red lines that intersect to form a cross-like shape. The word "Conclusiones" is written in a red, cursive font, centered horizontally and positioned above the horizontal lines of the graphic.

CONCLUSIONES

1. Se define el residuo de construcción y demolición como aquellos residuos que se generan en el entorno urbano. Son inertes, constituidos por tierras, áridos mezclados, piedras, restos de hormigón, restos de pavimentos asfálticos, materiales refractarios, ladrillos, vidrios, plásticos, yesos, metales, maderas y, en general, todos los residuos que se producen por el movimiento de tierras, construcción de edificaciones nuevas y obras de infraestructura, así como los generados por la demolición o reparación o rehabilitación de edificaciones antiguas y desastres naturales.
2. La tendencia a nivel internacional muestra un aumento del reciclaje de los RCD en los países altamente industrializados donde se destaca Holanda con un 98 % y Dinamarca con un 94 %, como país latinoamericano más avanzado se encuentra Brasil con un 5 % en este proceso.
3. A nivel internacional existen legislaciones y estándares que regulan el manejo de los RCD con instrumentos económicos de penalización para las prácticas inadecuadas. En el caso de Cuba existe una estructura institucional para el control higiénico - sanitario y ambiental, así como normativas dirigidas a los áridos naturales además de contar con la Ley 1288 y su Reglamento, el Decreto 3800 que constituye el fundamento legal donde se establecen los principios y normas generales del manejo de los RSU, no de la gestión de los RCD.

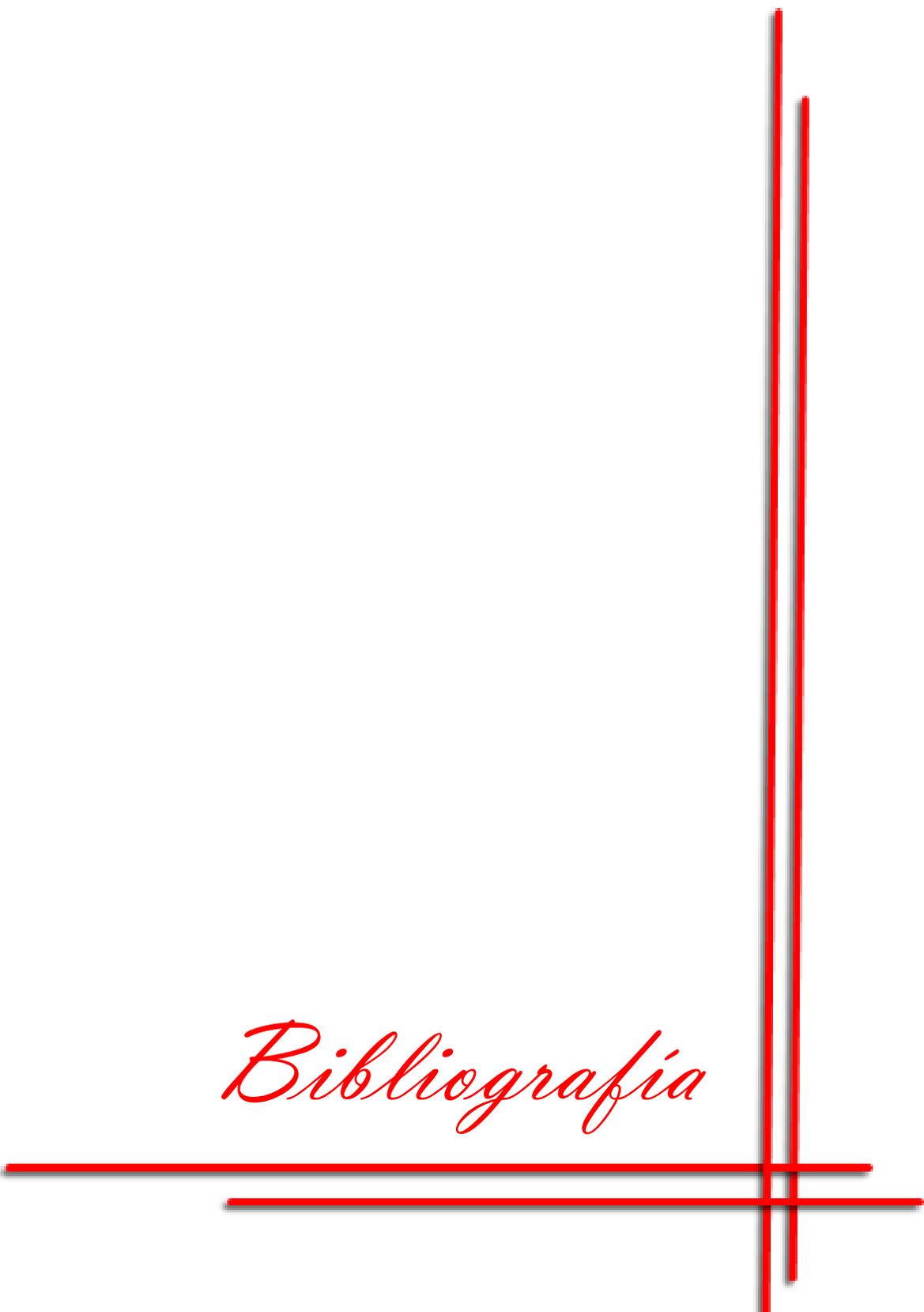
Recomendaciones

A decorative graphic consisting of two vertical red lines on the right side and two horizontal red lines at the bottom, intersecting to form a cross-like shape.

RECOMENDACIONES

Como resultados de esta investigación se recomienda:

1. Sugerir a las Direcciones Municipales y Provinciales del gobierno de Villa Clara revisar el marco jurídico legal e intensionar iniciativas de ley para la gestión de los RCD.
2. Recomendar al sector de la construcción que realicen las propuestas para normar los aspectos técnicos relacionados con el reciclaje de los RCD a los organismos centrales del estado encargados de aprobar las políticas estratégicas del país.



Bibliografia

BIBLIOGRAFÍA

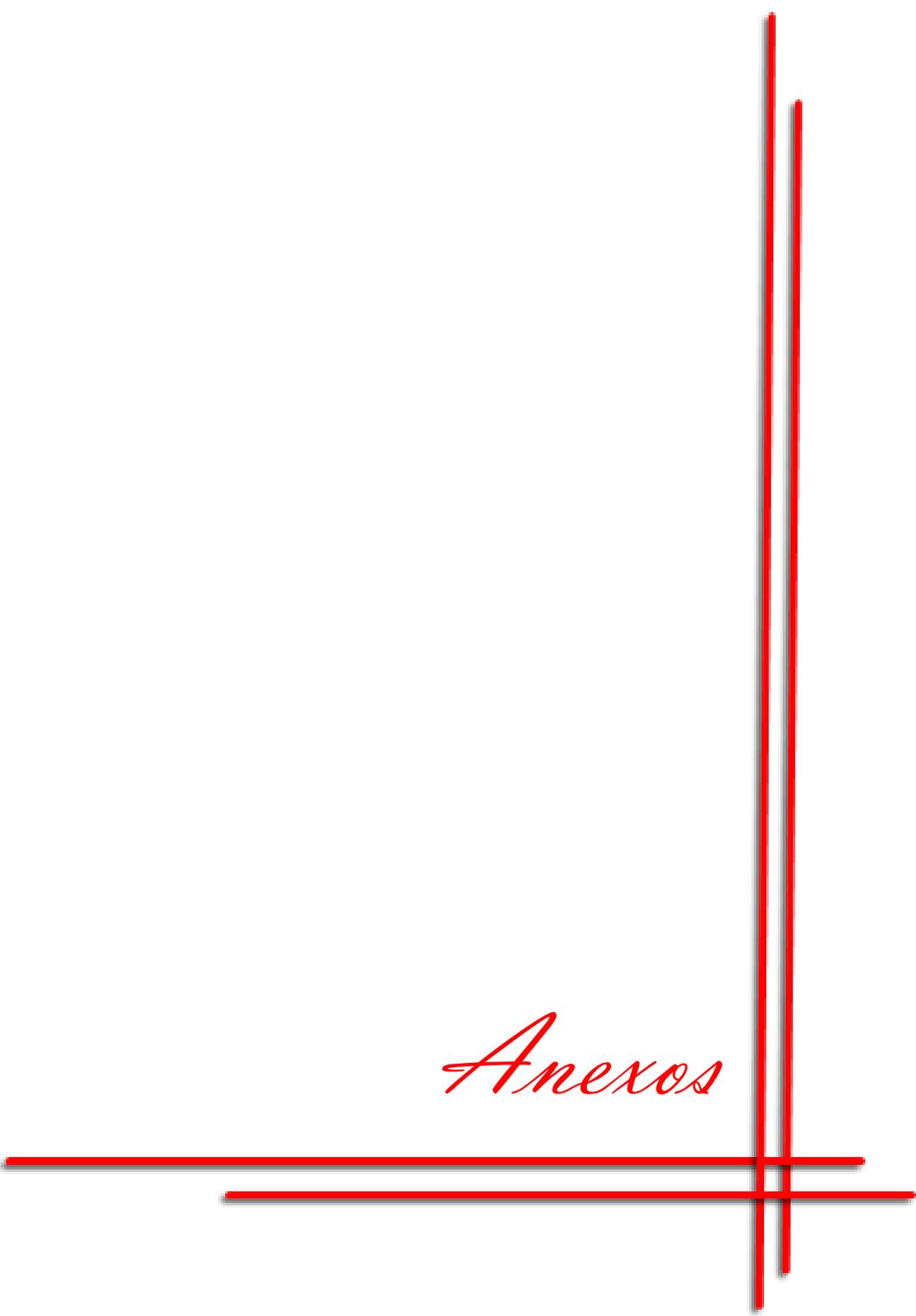
- ALAEJOS GUTIÉRREZ, P. 2005. Recomendaciones para la utilización de árido reciclado en hormigón estructural., 12.
- ALDANA, J. & SERPELL, A. 2012. Temas y tendencias sobre residuos de construcción y demolición: un meta-análisis. *Revista de la Construcción*. Escuela de Construcción Civil Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago.
- ALEAGA, E. P., SIERRALTA, H. C. & MERIÑO, E. D. 2013. Evaluación de Morteros Estructurales Elaborados con Áridos Reciclados. *Revista Nacional Estudiantil de Ingeniería y Arquitectura*.
- ALONSO, J. D. G. 2014. *Estudio técnico-económico del uso de áridos reciclados en la producción de hormigón*. Universidad Central Martha Abreu de Las Villas.
- AMZARRAIN, M. 1999. *La Gestión de Procesos*.
- ARENAS, M. M. 2011-2012. *Materiales sostenibles en la edificación. Residuos de Construcción y Demolición, hormigón reciclado.*, Università Politecnica delle Marche
- BÁEZ, C. E. A. U. 2012. *Manejo de Residuos y Desechos Sólidos en Situaciones de Desastres Naturales.*, Mérida, Venezuela.
- BFA & DFB 2007. *Reciclado de Materiales: Perspectivas, Tecnologías y Oportunidades*. GAIKER.
- BONMATÍ, A. & GABARELL, X. 2008. Conceptos Generales sobre residuos. *In: ANDRÉS, P. Y. R., R. (ed.) Evaluación y prevención de riesgos Ambientales en Centroamérica*. Universidad de Girona España.
- CALDERÓN, Á. N. 2014. *Uso y fomento del árido reciclado en hormigón estructural como oportunidad de mejora medioambiental y económica. Aplicación a la Comunidad Autónoma de La Rioja*. Tesis Doctoral, Universidad de la Rioja.
- COLOMINA, A. F. & OSUNA, M. S. 2007. GUÍA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS *In: HABANA, D. P. D. S. C. D. L. C. D. L. (ed.)*. Habana Cuba.
- CORTÉS, N. L. G., ROA, L. Y. M., GALARZA, L. H. W. & GÓMEZ, S. T. R. 2015. *ESTUDIO COMPARATIVO EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN EN BRASIL Y COLOMBIA*
- EUROPAN, C. 2011. *Management of Construction and Demolition Waste*.
- FERNÁNDEZ, L. M., GIL, L. C. D. V. & LÓPEZ, R. G. 2014. *“Hormigón reciclado como áridos en hormigones estructurales”*. Universidad Central Martha Abreu de Las Villas.
- G., L. F. C. & VELÁSQUEZ., J. V. L. 2009. *GESTIÓN INTEGRAL DE ESCOMBROS- ANTEPROYECTO PARA LA GESTION INTEGRAL DE LOS RC&D EN EL DISTRITO CAPITAL – Bogotá*. . *In: S.A, C. (ed.)*. Bogotá D.C.
- GARCÍA LEDESMA, O. 2011. *Remolido de escombros para producción de árido grueso de uso en hormigones*. Ingeniero Civil, Universidad Central “Marta Abreu” De Las Villas.

- GAYARRE, F. L. 2008. *Influencia de la variación de los parámetros de dosificación y fabricación de hormigón reciclado estructural sobre sus propiedades físicas y mecánicas*. Universidad de Oviedo.
- GLINKA. 2006 - 2007. *RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN*.
- GOIKOETXEA, X. A. 2010. *Estudio técnico, económico y financiero de viabilidad de una planta de tratamiento de residuos de construcción y demolición en la mancomunidad de Urola medio, Guipúzcoa*. Universidad Politécnica de Catalunya.
- GONZÁLEZ, Y. P. & RODRÍGUEZ, A. C. 2014. *Estudio del comportamiento de hormigones hidráulicos, a partir del empleo de áridos reciclados sin y con adiciones de materiales finos.*, Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas.
- GUEVARRA, S. J. R. 2010. *ANÁLISIS NORMATIVO DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS Y DE MANEJO ESPECIAL EN LA ZONA METROPOLITANA DEL MUNICIPIO DE SAN LUIS POTOSÍ*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- GUTIERREZ, P. A. 2008. *Tipos y propiedades de áridos reciclados*.
- HARRINGTON, J. 1993. *Mejoramiento de los procesos de la empresa*.
- LÓPEZ, G. 2011. *GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) EN LA COMUNIDAD DE MADRID (ESPAÑA)*. Madrid, España: 3º Seminario Iberoamericano de Ingeniería de Residuos
- LÓPEZ, I. A. & EULATE, P. U. P. D. 2011. Usos de áridos reciclados mixtos procedentes de Residuos de Construcción y Demolición. *In: VIVIENDA TRANSPORTES Y OBRAS PÚBLICAS Y MEDIO AMBIENTE, P. T., AGRICULTURA Y PESCA* (ed.). España.
- LLANEZ PÉREZ, L. 2012. *Utilización de áridos reciclados en la Empresa de Prefabricado Industrial de Villa Clara, para la fabricación de hormigón hidráulico*. Ingeniero Civil, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
- MARILDA, B., DIEGO, A. H., SUSANNA, V. & ENRIC, V. 2011. Utilización de áridos reciclados “una oportunidad frente a la situación actual. 3.
- MÁRQUEZ, E. G. & PELÁEZ, F. G. P. 2015. *PROPUESTA DE PROGRAMA PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL ESTADO DE JALISCO*
- MENA, E. G. 2014. *Estudio de gestión de residuos de construcción y demolición de una vivienda plurifamiliar*.
- MÉNDEZ, D. L. C. 2009. *Propuesta de Gestión de los Residuos Sólidos generados en Cayo Santa María*. Universidad Central Martha Abreu de Las Villas.
- MERCANTE, I. T. 2007. Caracterización de residuos de la construcción. Aplicación de los índices de generación a la gestión ambiental. *Revista Científica de Primavera*.
- MINISTERRAD, N. 1999. *Plan for cleaner technology, waste and reuse*, Singapore.
- MONZÓN, Y. A. 2013. *Estudio de la fracción fina de áridos reciclados como árido para la construcción.*, Universidad Central “Marta Abreus” de las Villas.

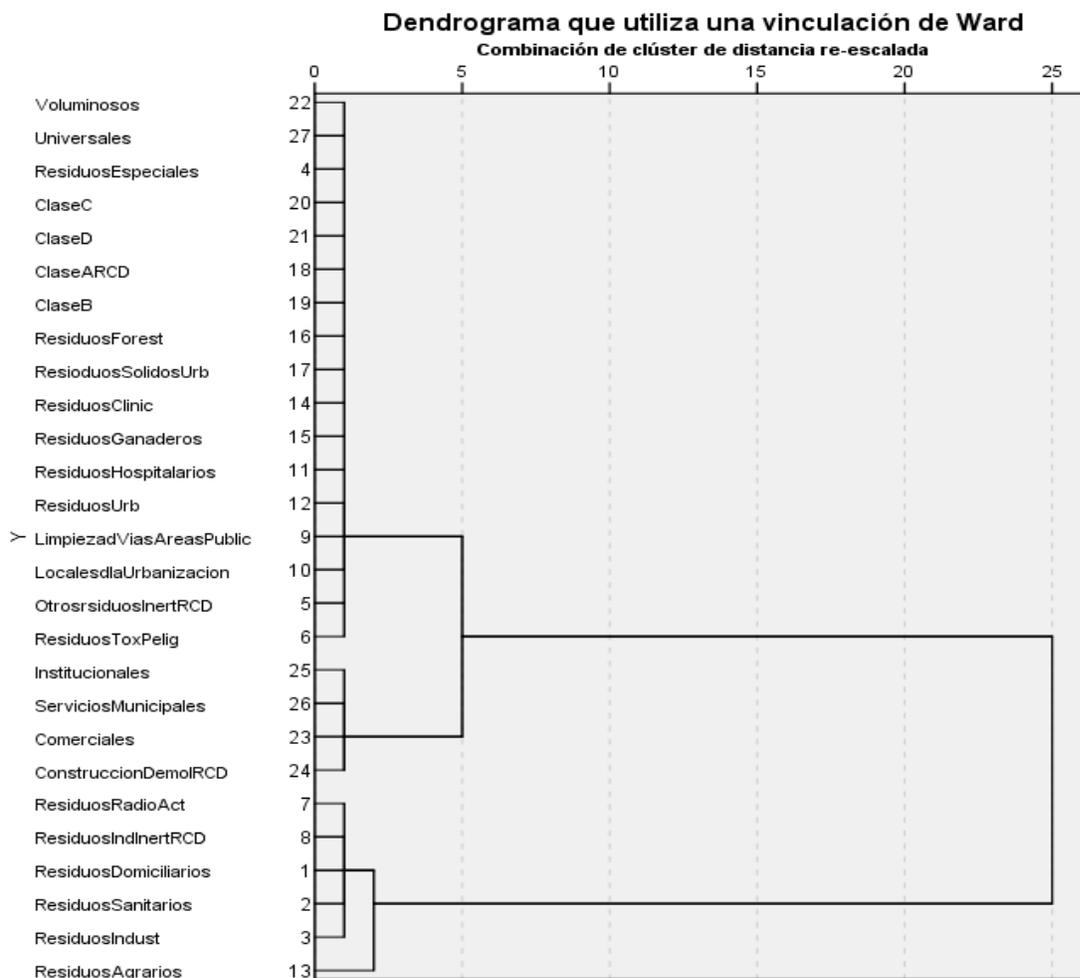
- NAVARRO, Y. S. 2007. *Estudio para el manejo integral de Residuos sólidos en tres áreas de la UCLV*. Universidad Central Martha Abreu de las Villas.
- NC-133 2002. Residuos Sólidos Urbanos. Almacenamiento, recolección y transportación. Requisitos higiénico sanitarios y ambientales. Cuba.
- NC-134 2002. Residuos Sólidos Urbanos. Tratamiento. requisitos hoigiénico sanitarios y ambientales. Cuba.
- NC-135 2002. Residuos Sólidos Urbanos. Disposición final. Requisistos higiénicos sanitarios y ambientales. Cuba.
- NEGRÍN, E. 2011. *Metodología para el perfeccionamiento de los procesos en empresas hoteleras*.
- PÁRAMO, A. R. 2011. *Tipología de áridos reciclados en Cataluña y su aplicabilidad*. Universidad Politécnica de Cataluña.
- PAVÓN, E., ETXEBERRÍA, M., DÍAZ, N. & ACOSTA, C. 2008. Utilización de árido reciclado de hormigón en la fabricación de hormigón estructural en La Habana, Cuba. *actas de Nom Conventional Materials and Technologies (NOCMAT), Colombia*.
- PCC 2011. Resolución sobre los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución. *VI Congreso del Partido Comunista de Cuba*, 41.
- PEÑA, N. S. 2012. *Estudio sobre el reciclaje de los RCD enfocados en el hormigón elaborado con áridos reciclados*.
- PÉREZ BENEDICTO, J. A., DEL RÍO MERINO, M. PERALTA CANUDO, J.L., & DE LA ROSA LA MATA, M. 2010. Propiedades mecánicas del hormigón reciclado con áridos procedentes de piezas prefabricadas desechadas.
- RAINHO, C. V. 2015. *Estudio Comparativo de los Sistemas de Gestión de RCDs entre España y Brasil*. . Universidad Da Coruña.
- REBOLLEDO, A. B. 2009. *Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales. Estado del arte*. Universidad Politécnica de Madrid.
- RODRIGUEZ DE LA CONCEPCIÓN, R. 2013. *Evaluación del grado de reactividad de la fracción fina de los áridos obtenidos del reciclaje de escombros*. Pregrado, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.
- RODRÍGUEZ, J. E. C. 2015. *ESTUDIO DE IMPACTO DEL USO DE ÁRIDOS RECICLADOS EN BLOQUES DE HORMIGÓN*. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.
- ROMERO, M. 2004. *Evaluación Económica Proceso Liberalización*.
- ROMERO, P. Q. 2012. *Utilización de hormigones con incorporación de áridos reciclados en ejecución de cunetas de carreteras* Universidad Politécnica de Catalalunya.
- RUIZ, I. R. 2013. *El proceso penal en el sistema de justicia en México*.
- SÁNCHEZ DE JUAN, M. 2004. *Estudio sobre la utilización de árido reciclado para la fabricación de Hormigón Estructural*. Universidad Politécnica de Madrid.

- SARDUY MORFA, Y. 2012. *Producción y empleo de los áridos triturados a escala local para la fabricación de bloques huecos de hormigón. pregrado*. Ingeniero Civil, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
- SYMONDS 1999. Construction and Demolition waste management practices and their economic impacts. European Comision.
- TERTRE, J. I. 2007. Gestión de residuos de construcción y demolición. Áridos reciclados. *Tecnología y Reciclado*, 59, 81-89.
- UNICEF 2005. PARTICIPACION CIUDADANA Y GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS.
- VALLE, I. 2003. Reciclaje de escombros. *Revista Ambientum*, 7-15.
- YAKOWITZ, H. 1985. GUÍA PARA LA DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria (CEPIS).
- ZARATIEGUI, J. 1999. *Economía industrial*.

Anexos

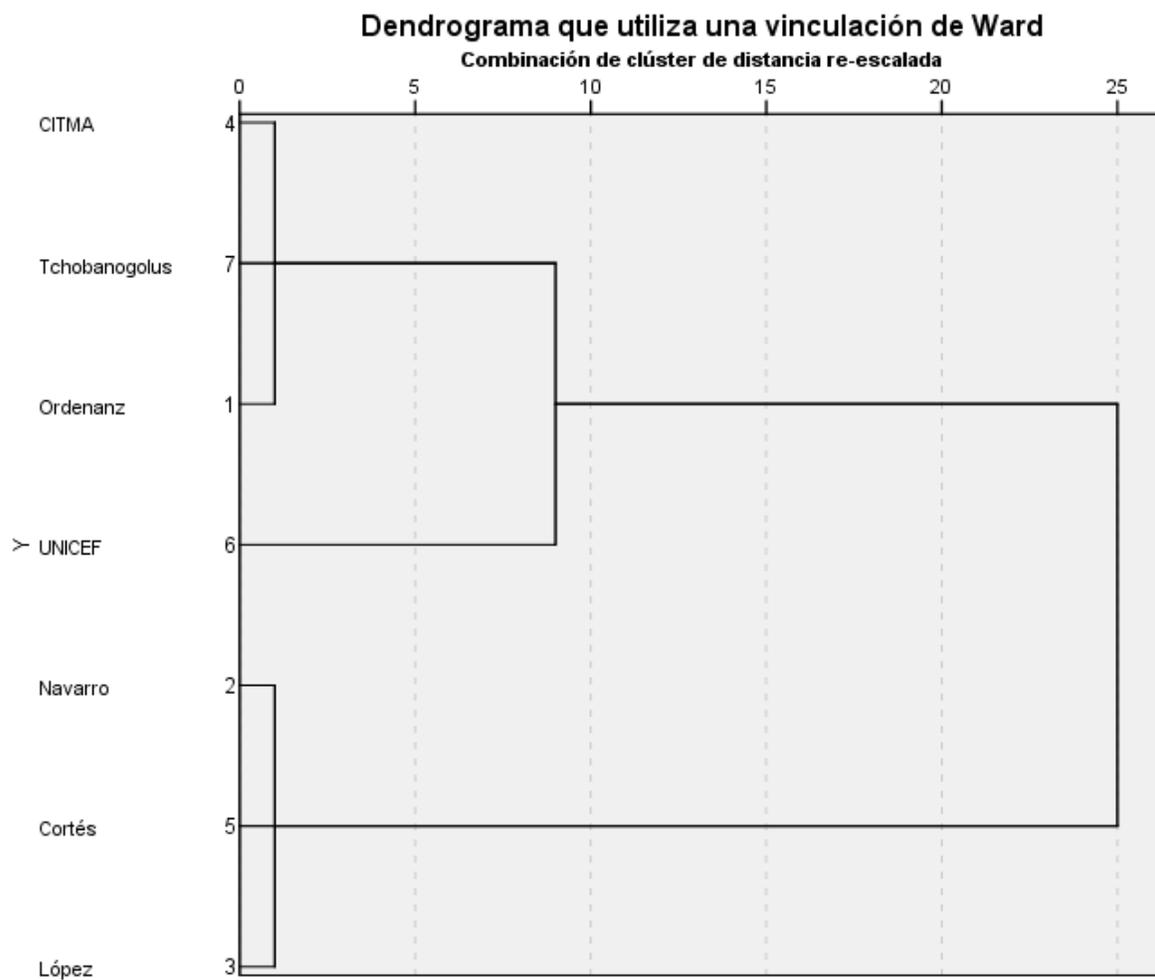
A decorative graphic consisting of four red lines. Two lines are vertical and two are horizontal, intersecting to form a cross-like shape in the bottom right corner of the page. The lines are slightly offset from each other, creating a layered effect.

Anexo I. Dendrograma de las clasificaciones de los residuos por grupos de variables



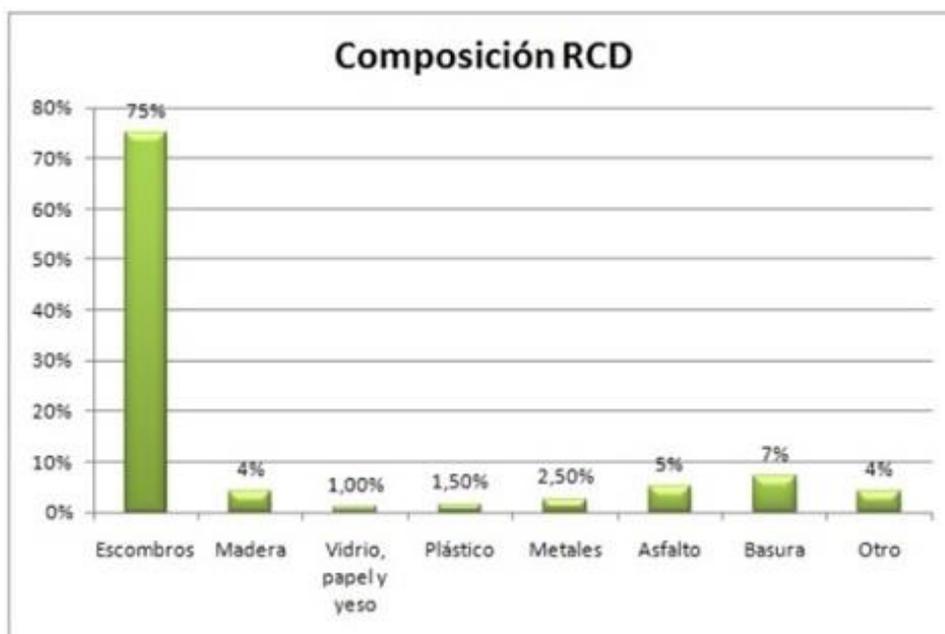
Fuente: elaboración propia

Anexo II. Dendrograma de las clasificaciones de los residuos por grupos de autores



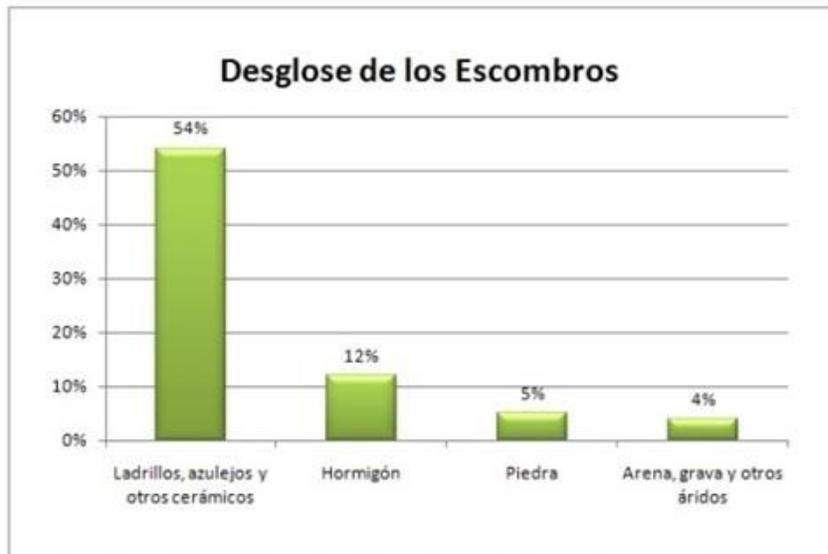
Fuente: elaboración propia

Anexo III. Composición de los Residuos de Construcción y Demolición



Fuente: Resolución 14 de junio de 2001, PNRC D 2001-2006

Anexo IV. Composición de los Escombros



Fuente: Resolución 14 de junio de 2001, PNRC D 2001-2006

Anexo V. Plantas de 1era generación



Fuente: Concretos Recicladados S.A 2006

Anexo VI. Plantas de 2da generación



Fuente: Concretos Recicladados S.A 2006

Anexo VII. Plantas de 3era generación



Fuente: Concretos Reciclados S.A 2006

Anexo VIII. Plantas móviles



Fuente: Concretos Reciclados S.A 2006

Anexo IX. Plantas fijas



Fuente: Concretos Recicladados S.A 2006

Anexo X. Impuestos sobre el vertido de residuos

Estado Miembro	Impuestos y comentarios								
Dinamarca	45,2 €/t con carácter general para todos los residuos. Impuesto no-finalista establecido en 1987 e incrementada en 1997. Se grava la extracción de gravas con un impuesto sobre los recursos naturales de 1,35 €/t aprox.								
Suecia	Suecia ha introducido en el año 2000 un impuesto general al vertido de 30,12 €/t								
Holanda	En Holanda se introdujo un impuesto general de carácter disuasivo para el vertido de 13,8 €/t. A partir de aquí los impuestos sobre el vertido varían de provincia a provincia desde las 13,8 €/t a las 22,8 €/t. Desde 1997 hay una prohibición total de verter RCD								
Finlandia	15 €/t desde 1 de enero de 1997								
Bélgica:	16,1 €/t impuesto federal por declaración para importación/exportación.								
o Flandes	3,6 – 22,2 €/t como carga asignada para temas especiales para residuos que van a vertido o incineración.								
o Valonia	9,6 – 74,75 €/t sobre residuos peligrosos (el impuesto se destina gastos M.A.)								
Austria	Ligado a la Ley de Limpieza de Suelos Contaminados y distingue entre vertederos conformes con el "estado del arte" de la tecnología y los no conformes, aplicación progresiva en el tiempo. Difiere según el tipo de residuo. Las cifras que se dan a continuación corresponden a los RCD. <table border="0" style="margin-left: 40px;"> <tr> <td>1 enero 1997</td> <td>4,3 €/t</td> </tr> <tr> <td>1 enero 1998</td> <td>5,7 €/t</td> </tr> <tr> <td>1 enero 2001</td> <td>5,7 €/t</td> </tr> <tr> <td>1 enero 2004</td> <td>7,2 €/t</td> </tr> </table>	1 enero 1997	4,3 €/t	1 enero 1998	5,7 €/t	1 enero 2001	5,7 €/t	1 enero 2004	7,2 €/t
1 enero 1997	4,3 €/t								
1 enero 1998	5,7 €/t								
1 enero 2001	5,7 €/t								
1 enero 2004	7,2 €/t								
Alemania	Propuesta de impuesto: <ul style="list-style-type: none"> o Residuos peligrosos: 96,3 €/t o Residuos industriales voluminosos: 75 €/t 10 €/t para residuos activos. Se prevé un incremento hasta las 14,5 €/t								
Reino Unido	2,9 €/t para residuos inactivos. En vigor desde 1996. Empleado en mejorar la gestión, se está considerando un impuesto sobre los áridos extraídos en canteras								
Italia	1 €/t para residuos inertes que van a vertedero. Para otro tipo de residuos puede llegar a 10 €/t.								
Francia	Hay un impuesto general e 6 €/t para residuos que van a vertederos de Clase I y II. No hay impuesto para residuos que van a vertederos de clase III (inertes). 12 €/t para los residuos industriales tratados.								
España, Irlanda, Portugal y Grecia	No hay impuestos sobre el vertido								
Luxemburgo	No hay información al respecto.								

Fuente: Informe Symonds. The Ecotax Database of Forum for Future. DG Environment