

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas
Facultad de Construcciones
Departamento de Ingeniería Civil



Trabajo de Diploma

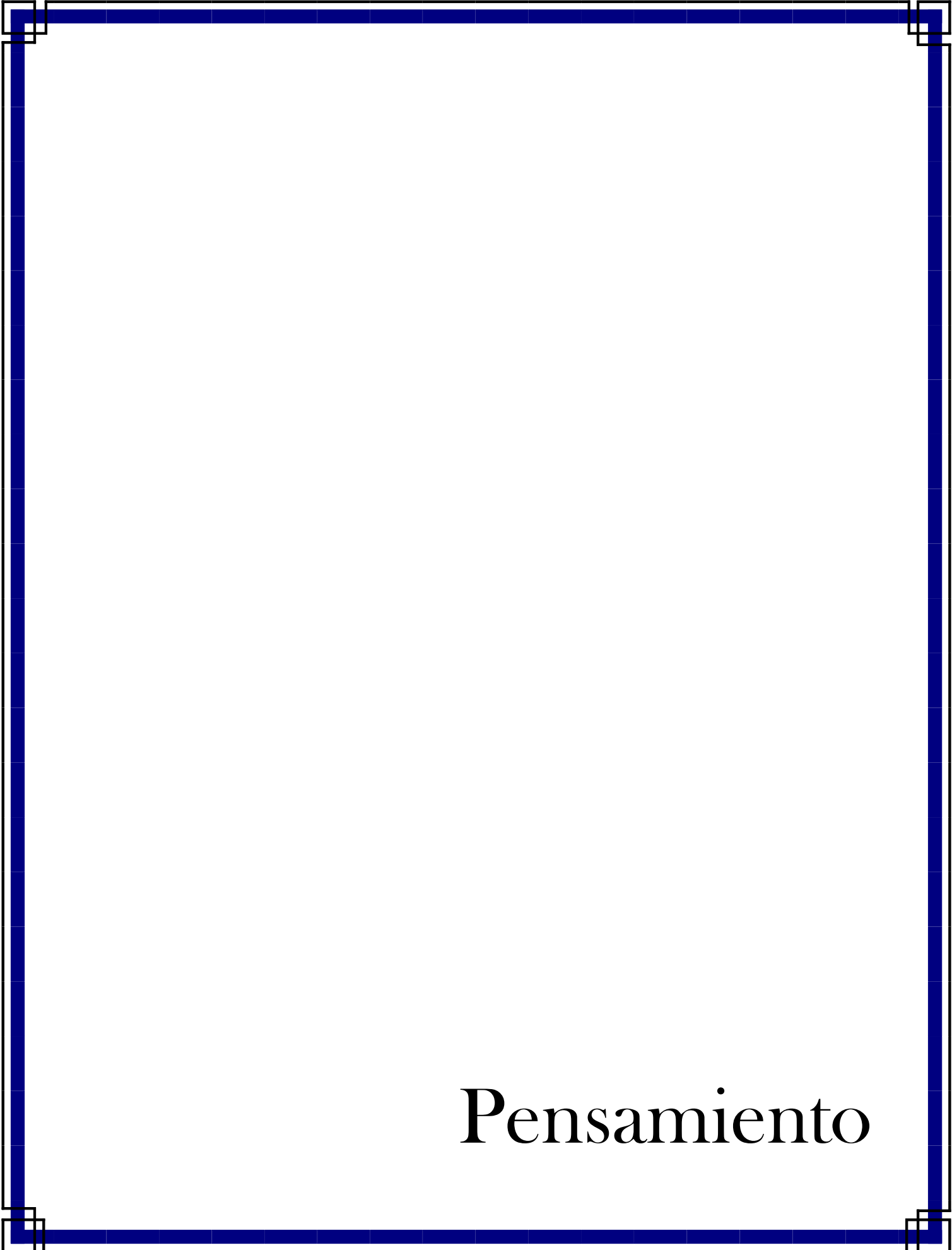
**Implementación del Modelo para la Gestión Integral
del Reciclaje de los RCD en el Taller de Eco-Materiales
de Manicaragua**

Autora: Johanna Lesheni Shihepo

Tutoras: MSc. Macyuri Álvarez Luna
Dra. Grisel Barrios Castillo

Santa Clara

2015-2016



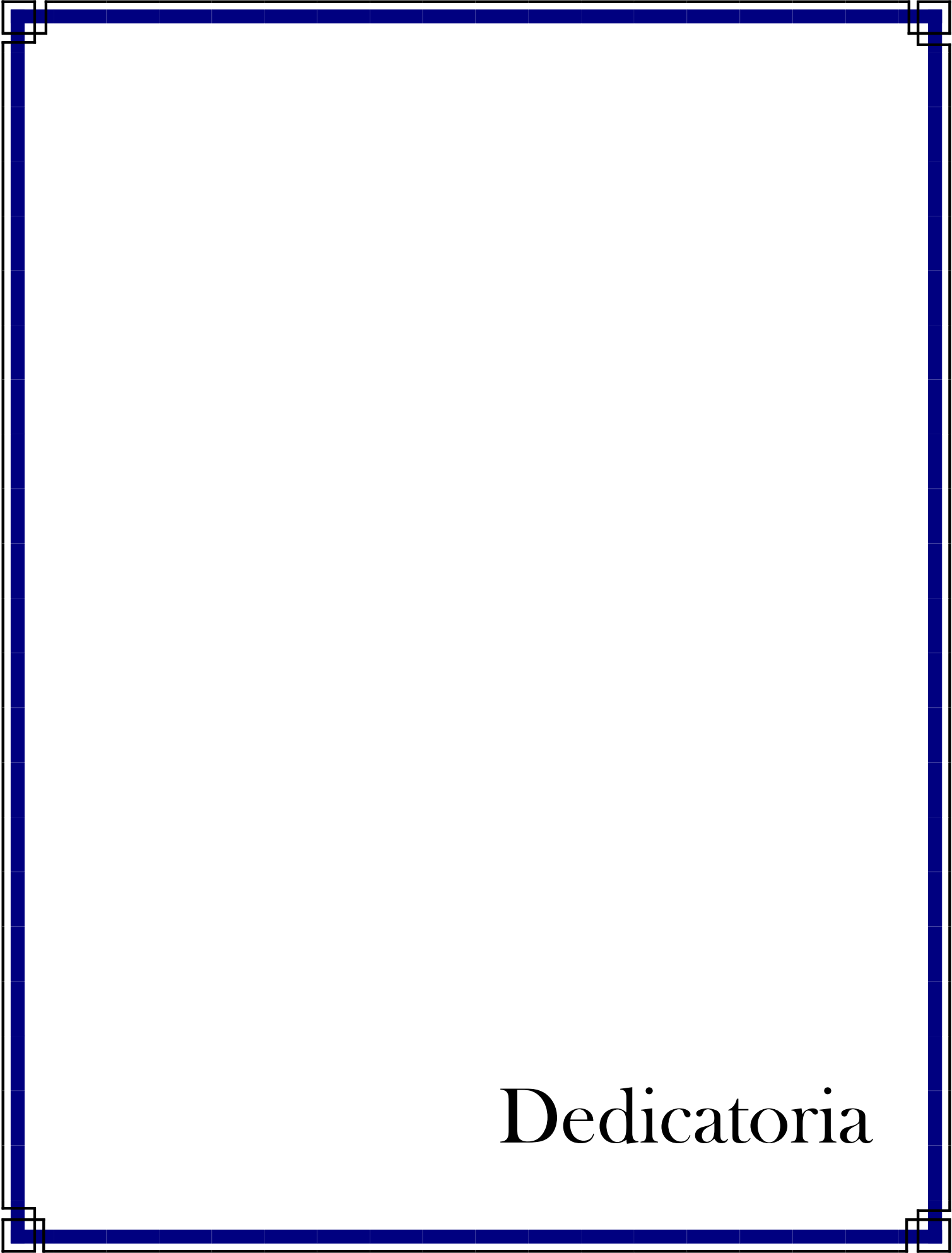
Pensamiento

“En la tierra hace falta personas que trabajen más y critiquen menos, que construyan más y destruyan menos, que prometan menos y resuelvan más, que esperen recibir menos y dar más, que digan mejor ahora que mañana.”

Ernesto Che Guevara

“The world need people that works more and criticize less ,that build more and destroy less , that promise less and solve more , that expect to receive less and give more, that say better now than tomorrow”

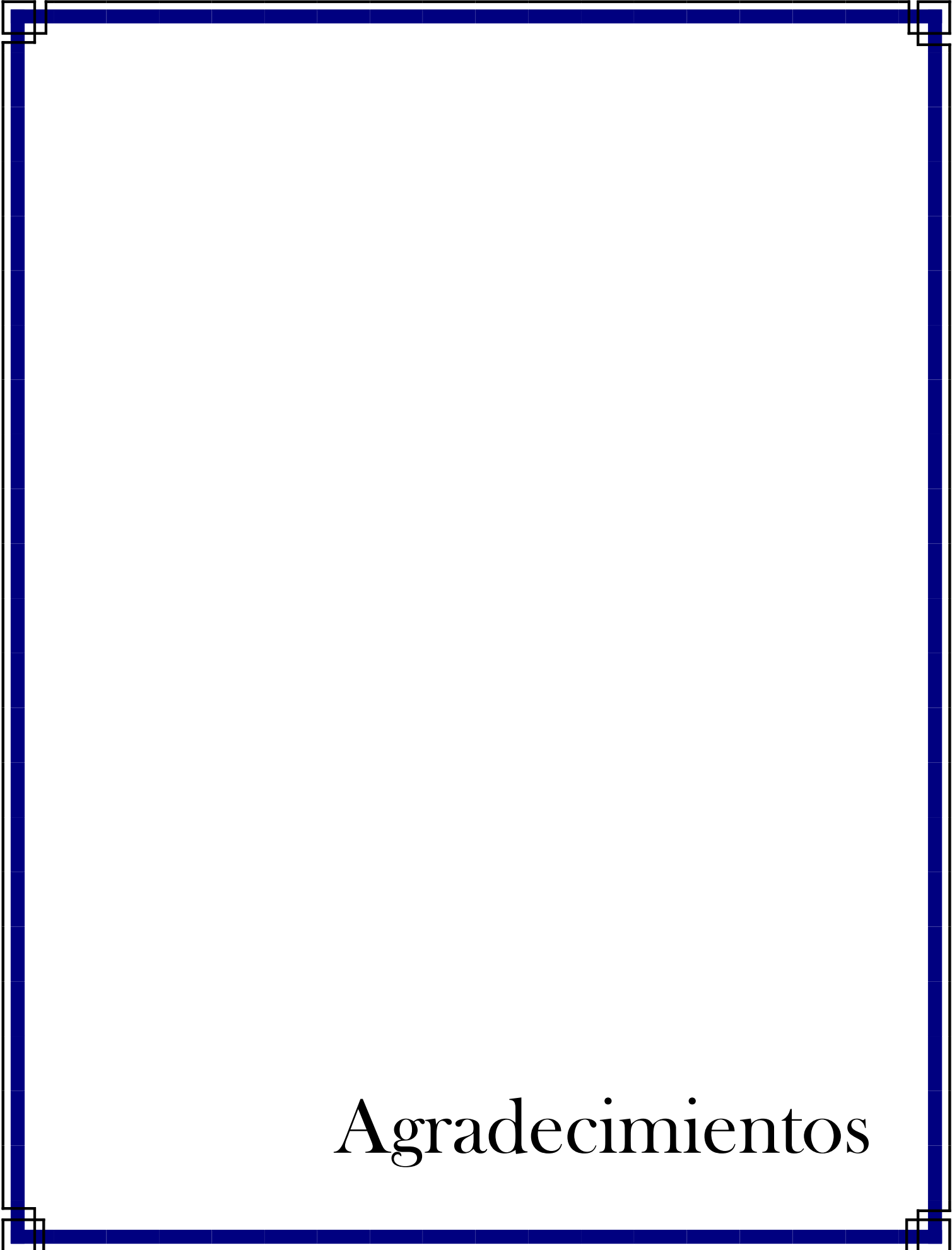
Ernesto Che Guevara



Dedicatoria

With all my love, I dedicate this investigation as a final project to my study as a civil engineer to my whole family, especially:

- All my nieces and nephews, you are the reasons I will never give up on life.*
- My grandmother Lovisa Nghipulavali, for her unconditional love and for being the pillar of the family.*



Agradecimientos

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos:

- *A Dios todo poderosos*
- *A mi papa (que en paz descanse) y mi mama Nancy Mannasse, por el amor incondicional, esfuerzo, apoyo y dedicación a mis estudios.*
- *Mis tutoras MSc. Macyuri Alvares Luna y Dra. Grisel Barrios Castillo, así como Dr. Jorge Luis García Jacomino por sus contribución, dedicación, apoyo, amor y ayuda incondicional brindada.*
- *Al Decano, los profesores y trabajadores de la facultad de Construcciones especialmente los de departamento de ingeniería civil por todo sus apoyos durante este 5 anos*
- *Mis compañeros de la Carrera, por la amistad y apoyo*
- *Mis amigas y amigos que quiero tanto que se han convertido a mi familia: Marinice Paul, Eva Dhilaadhila Alugodhi, John Linekela Amukasha, Paulus Noa Nevonga, Molly Nonkanyo Melitafa, Tun Fabián, Manuel, Asher Sherman Mali Benta, Luuli Ndahekelekwa, Noré Marvin Hagler Moulele Isabel ,Suana*
- *Al director y trabajadores en el taller de Eco-materiales de Manicaragua por su amabilidad*
- *Al Ministerio de Desarrollo Urbano y Rular de Namibia, por brindarme la oportunidad de realizar mis sueños.*
- *Al gobierno Cubano y su toda la gente que he conocido de este maravilla país*
- *A todos que no he mencionado:*

GRACIAS!

Firstly, I would like to thank God Almighty for his grace, love and blessings. For the health and strength, that he has granted me my entire life.

Secondly, I would like to acknowledge and appreciate the following people for their support during the process of molding of my profession as an engineer.

- *My whole family, without any specifications because I appreciate you all equally for your support.*
- *My advisors for this thesis, MSc. Macyuri Alvares Luna her, husband PhD. Jorge Luis Garcia Jacomino, and PhD. Grisel Barrios Castillo for their contribution , time dedication , support and love during this investigation.*
- *The Dean, professors and the staff at the faculty of construction, especially de department of civil engineering for sharing their knowledge, skills that have molded my profession formation.*
- *My fellow students, which for the past 5 years have been there, and helped me throughout academically.*
- *My friends : Marinice Paul, Eva Dhilaadhila Alugodhi, John Linekela Amukasha, Paulus Noa Nevonga, Molly Nonkanyo Melitafa, Tun Fabian, Manuel ,Asher Sherman Mali Benta, Luuli Ndahekelele , Noré Marvin Hagler Moulele for being my family away from home, you guys will always be the family that god put in my life.*
- *The director and all the staff at the Manicaragua eco-materials workshop for their cooperation during the realization of this investigation.*
- *To the Ministry of Regional and Local Government, Housing and Rural Development of Namibia for giving me an opportunity to pursue my dream.*
- *To the Cuban Government for the opportunity to realize and complete my study in this wonderful country.*
- *To everybody else I haven't mentioned :*
- *THANK YOU!!*

Índice

Índice

Introducción.....	1
Capítulo I. Fundamentos teóricos sobre la implementación de modelos para la gestión del reciclaje de los RCD	5
1.1. Generación y composición de los RCD.....	5
1.1.1. Definición de los RCD	5
1.1.2. Clasificación de los RCD	5
1.2. Gestión del reciclaje de los RCD.....	8
1.2.1. Generación, recolección y transporte de los RCD	9
1.2.2. Separación de los RCD	10
1.2.3. El proceso de reciclado	11
1.3. El Árido reciclado	13
1.3.1. Ventajas de la producción de áridos reciclados	14
1.4. Modelos para el reciclaje de los RCD.....	15
1.4.1. Modelos. Concepciones Teóricas	15
1.4.2. Clasificación de los modelos	16
1.4.3. Modelos existentes a escala internacional	17
1.4.3.1. Análisis Clúster para los modelos de gestión de reciclaje de RCD	18
Fase 1. Definición o identificación (fracciones valorizables) contenidas en los residuos de construcción y demolición	20
Fase 2. Estimación de la generación y minimización de los residuos	21
Fase 3. Separación en origen y recogida selectiva	23
Fase 4. El transporte (o almacenamiento) de los residuos previamente seleccionados.....	24
Fase 5. Aprovechamiento de los RCD mediante la reutilización, reciclaje y valorización	24
Fase 6. Disposición Final	25
1.5. Implementación de modelos para la gestión de reciclaje de RCD a nivel mundial	26
1.5.1. Implementación. Concepciones Teóricas.....	26
1.5.2. Implementación de modelos en el manejo de los RCD a escala internacional.....	27
Paso 1. Determinación del impacto y factibilidad del Modelo	29
Paso 2. Clasificación de los desechos (tipos de desechos por recuperar)	30
Paso 3. Capacitación e información	30
Paso 4. Separación en la fuente	31

Paso 5. Selección de la empresa Recicladora	31
Paso 6. Seguimiento	32
1.5.3. Implementación. Caso de Cuba	33
1.5.4. Indicadores de efectividad en la implementación de un modelo de reciclaje	34
1.6. Normativas internacionales y nacionales sobre la gestión del reciclaje de RCD	35
1.7. Conclusiones parciales del Capítulo I.....	36
Capítulo II. Caracterización del modelo de gestión integral del reciclaje de los RCD en el taller de Eco-materiales en Manicaragua	38
2.1. Caracterización general del taller de eco-material de Manicaragua	38
2.2. Caracterización del área para el reciclado de residuos de construcción en el taller de Eco-materiales de Manicaragua	46
2.3. Aplicación del modelo para la gestión del reciclaje de los RCD en el taller	48
2.3.1. Estimación de la demanda	50
2.3.2. Definición e identificación RCD (fracciones valorizables) contenidas en los residuos de construcción y demolición.....	50
2.3.3. Estimación de la generación de los RCD y su minimización.....	51
2.3.4. Separación en origen y recogida selectiva.....	52
2.3.5. El transporte (o almacenamiento) de los residuos previamente seleccionados	53
2.3.6. Aprovechamiento de los residuos mediante el reciclaje.....	54
2.3.7. Disposición Final	55
2.4. Conclusiones Parciales del Capítulo II	55
Capítulo III: Implementación del modelo para la gestión integral del reciclaje de los RCD en el taller de Eco-materiales de Manicaragua	48
3.1. Implementación del diseño de modelo para la gestión integral del reciclaje de los RCD a escala municipal. Caso Manicaragua	48
3.2. Diseño de la encuesta.....	48
3.3. Análisis de los resultados de la encuesta	51
3.3.1. Coeficiente Alpha de Cronbach.....	51
3.3.2. La prueba de Friedman	52
3.4. Validación de los pasos para la implementación del modelo de gestión de los RCD	53
3.4.1. Capacitación e información	53
3.4.2. Determinación del impacto y factibilidad del Modelo.....	54
3.4.3. Definición e identificación de los RCD.....	55

3.4.4. Aprovechamiento de los RCD	56
3.4.5. Estimación de la generación de los RCD	57
Transporte.....	57
Disposición final	58
3.4.6. Seguimiento	58
3.4. Indicadores de efectividad en la implementación del modelo	60
3.5. Conclusiones parciales del Capítulo III	64
Conclusiones Generales	65
Recomendaciones.....	66
Bibliografía.....	67
Anexos	69
Anexo 1. Clasificación de las máquinas de transporte. (a) Camión de volteo, (b) Semirremolque de volteo, (c) Dumper rígido, (d) Dumper articulado	69
Anexo 2. Ejemplos de cribas	69
Anexo 3. Maquinarias para la separación de los RCD (a) Separador magnético (electroimán), (b) Sopladora de plásticos	70
Anexo 4. Etapas de los modelos para el reciclaje de los RCD utilizados en diferentes países.....	71
Anexo 5. Implementación de modelos en el manejo de los RCD, en países de Asia	72
Anexo 6. Foto de la entrada de la planta de reciclaje de áridos “El Husillo”, (a) entrada general, (b) vista del parqueo	73
Anexo 7. Normativas Cubanas.....	74
Anexo 8. Entrevista	75
Anexo 9. Encuesta aplicada al Taller de Eco materiales de Manicaragua	76

Índice de Figuras

Figura 1. Ciclo óptimo para el manejo de los RCD	9
Figura 2. El modelo general para el manejo de los RSU. Fuente: (UNEP, 2005)	18
Figura 3. Mapa de la ubicación geográfica del municipio de Manicaragua	39
Figura 4. Fotos de las producciones del taller	42
Figura 5. Diagrama del proceso	44
Figura 6. Modelo para la gestión integral para el reciclaje de los RCD propuesto por (Dominguez, 2016)	49
Figura 7. Disposición de materiales defectuosos y grava para el reciclado de áridos	53
Figura 8. Foto de la planta, (a) molino de mandíbula, (b) molino de martillos	54
Figura 9. Imágenes del árido reciclado, (a) grueso obtenido en el molino de mandíbula, (b) fino obtenido en el molino de martillos	55
Figura 10. Análisis de ciclo de vida de los bloques Fuente:(Rodríguez, 2015)	55
Figura 11. Costo de producción bloques de 10 y 15 cm, (Rodríguez, 2015)	62

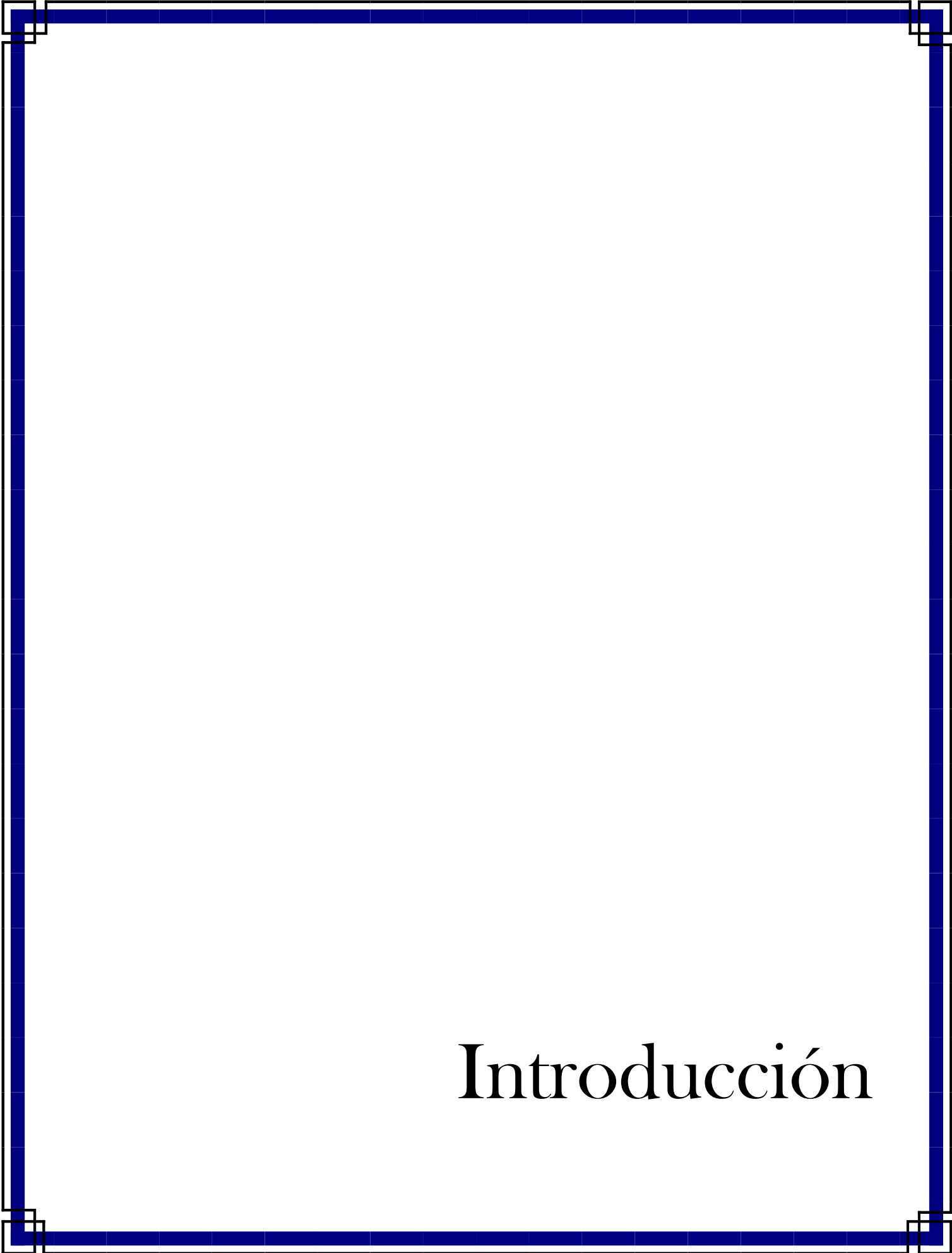
Resumen

Resumen

En este trabajo se realiza la implementación de un modelo para la gestión integral del reciclaje de los residuos de la construcción y demolición (RCD) en el Taller de Eco-materiales de Manicaragua, abordando aspectos conceptuales sobre los RCD, así como su clasificación y gestión. Se analizan las concepciones teóricas sobre los modelos, teniendo en cuenta la clasificación de los mismos. Para conocer las fases que no pueden dejar de estar presentes en el modelo que se implementa, se realiza el análisis de clúster y como método de unión de los individuos se aplica 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. Se hace alusión a las definiciones de implementación, así como a los modelos implementados a escala internacional y nacional a través de los indicadores de efectividad de los mismos, teniendo en cuenta las normativas internacionales y nacionales a seguir. Se caracteriza el Taller de Eco-materiales de Manicaragua, que será la entidad objeto de este estudio, haciendo énfasis en el área de reciclaje de los RCDs y se describen las fases del modelo a implementar. Por último se realiza la implementación del modelo a través de la aplicación de la encuesta la que resulta valida y fiable. Los datos obtenidos se procesan con el paquete estadístico SPSS versión 22.0. Se aplica el *test no paramétrico de Friedman* y para evaluar la implementación se analizan los indicadores técnicos, económicos, ambientales y sociales de efectividad.

Abstract

This work process the implementation of a model for integral administration for the recycling of the construction and demolition(C&D) debris at the Echo-materials workshop of Manicaragua, approaching conceptual aspects on the C&D, as well as their classification and administration. The theoretical conceptions on the models were analyzed, bearing their classification. The cluster analysis was applied to determine the model phases that are indispensable during implementation as well as the Ward method of the individuals' union that evaluates the variation proximity among the groups. Have made allusion to the implementation definitions, and to the models implemented at international and national scale through the effectiveness indicators, bearing the international and national regulatory scheme. The characterization of The Echo-materials workshop of Manicaragua, which is the entity object of this study, was done, making emphasis in the recycling area of the C&D and describing the model phases to implement. Finally, it implements the model through the application of the survey that is deemed worth and reliable. The data obtained was processed with the statistical package SPSS version 22.0. The non-parametric test of Friedman is applied and to evaluate the implementation, the analysis of the technical, economic, environmental and social indicators of effectiveness was performed.



Introducción

Introducción

El sector de la construcción es una actividad generadora de residuos, provenientes de cada una de las etapas que comprometen los proyectos de la construcción. Los habitantes de las ciudades tienen que soportar los efectos de la acumulación desordenada de los RCD así como la implicación y afectación al medio ambiente. Por tanto se hace necesaria la búsqueda de nuevas alternativas que impliquen la disminución y el aprovechamiento de estos residuos, a través de la implementación de nuevas tecnologías e incorporación de nuevas infraestructuras, necesarias para su correcta gestión desde su generación hasta la creación del producto final para su comercialización.

El reciclaje de los RCD a nivel mundial se viene desarrollando hace algunos años y en el futuro será una necesidad para afrontar el creciente uso de los áridos naturales y triturados. Razón por la cual en el mundo, las reservas de recursos no renovables son cada vez más limitadas, por lo que el ser humano se interesa en buscar una nueva materia prima que sustituya a los áridos existentes.

El tema de los RCD en la construcción constituye una preocupación debido al crecimiento de esta actividad, sumado a la insuficiente gestión y la falta de conocimiento en el tratamiento de los desechos en el ámbito empresarial y de proyecto. Reutilizar éstos residuos como materiales alternativos para la construcción constituye un gran reto en todo el mundo, y se convierte en una razón de vital importancia en la implementación de modelos para el reciclado de los mismos, como vía para resolver las problemáticas anteriores.

En Cuba no se reporta la implementación de un modelo de gestión integral de los áridos reciclados, aunque si existen experiencias aisladas en la implantación. Es por ello que con este trabajo se pretende realizar la implementación de un modelo para la gestión de reciclaje de los RCD en el taller de Eco-materiales de Manicaragua, explicando el proceso de reciclado, desde la recolección de los residuos, la clasificación y el procesamiento de los mismos hasta obtener los productos finales, evaluando la misma a partir de indicadores técnico, económicos, ambientales y

sociales de efectividad. Con los beneficios correspondientes para la sociedad y el medio ambiente. También se abordan los problemas encontrados en cada una de las fases del modelo para la gestión de los residuos en el taller.

Para la realización de este trabajo se utiliza información técnica de trabajos y artículos publicados y tesis realizadas en el ambiente de manejo de los RCD, así como la investigación mediante la realización de encuesta a los expertos del proceso de reciclaje de los mismos en el taller.

Lo anteriormente expuesto, constituye la situación problemática de la presente investigación.

De manera que el **problema científico** en el marco de este trabajo se postula como sigue:

¿Cómo contribuir a la implementación de un modelo para la gestión integral del reciclaje de los RCD en el taller de Eco-materiales de Manicaragua?

Por tanto, esta investigación se plantea como:

Objetivo general

Implementar el modelo para la gestión integral del reciclaje de RCD en el Taller de Eco materiales de Manicaragua.

Objetivos específicos

1. Sistematizar los fundamentos teóricos sobre la implementación de modelos para la gestión del reciclaje de los RCD.
2. Caracterizar el modelo de gestión integral del reciclaje de los RCD en el taller de Eco-materiales de Manicaragua.
3. Implementar el modelo para la gestión integral del reciclaje de los RCD en el taller de Eco-materiales de Manicaragua.

Hipótesis investigativa

Si se realiza el diseño eficiente de la gestión integral de los RCD, es posible implementar un modelo del proceso de reciclaje en el taller de Eco-materiales de Manicaragua.

Justificación

Es de vital importancia la producción de materiales reciclados con una gestión eficiente, lo que constituye una tendencia mundial, que busca disminuir las cantidades de residuos de la construcción. Con este trabajo se pretende demostrar que con el correcto proceso de reciclaje se disminuirán las cantidades de los residuos de la construcción, evitando así la degradación del medio ambiente y ayudando en la recuperación de espacios naturales degradados y el aprovechamiento de los residuos reciclados que generan un nuevo material de la construcción que son los áridos reciclados, el uso de los mismos favorece la protección de los entornos en los que se obtienen los áridos naturales, ya que disminuye la necesidad de la extracción de éstos al existir.

La implementación del modelo para la gestión integral del reciclaje de residuos de la construcción en el taller, consiste en un proceso integral y eficiente, desde el punto de vista técnico, económico, ambiental y social. Este modelo para la gestión de reciclaje de los residuos brinda la oportunidad de utilizar mecanismos que faciliten la disposición de los residuos en beneficio de la conservación del medio ambiente y la sostenibilidad.

Viabilidad

Esta investigación corrobora su viabilidad al disponerse de los recursos (humanos, materiales, laborales y tiempo) necesarios e indispensables para llevarla a cabo. La información requerida se puede obtener de manera racional, contando con una amplia bibliografía, la asesoría y apoyo del personal implicado y del tiempo previsto

para su óptimo desarrollo, proporcionando así, la obtención de resultados satisfactorios.

Métodos y técnicas empleadas

Se emplean los siguientes métodos del nivel teórico: análisis-síntesis, histórico-lógico, inducción-deducción, teórico-práctico. Del nivel empírico: revisión de documentos, la observación, la entrevista, la encuesta a la cual se le aplica el *Alfa de Cronbach* para comprobar su validez y fiabilidad, además se utilizan métodos no paramétricos como el *test de Friedman*.

Tipo de Investigación

El tipo de estudio que se utiliza es el exploratorio y el descriptivo puesto que facilitan una mayor comprensión del problema objeto de investigación, permitiendo dar una explicación acertada y precisa de las razones de los fenómenos manifestados y las circunstancias en que se producen.

La presente investigación se estructura en tres capítulos. En el primer capítulo se abordan los principales fundamentos teóricos-conceptuales sobre la implementación de modelos para la gestión del reciclaje de los RCD a partir, de una amplia revisión bibliográfica. En el segundo se caracterizan las fases del modelo en el Taller de Eco-materiales de Manicaragua. En el tercer capítulo se realiza la implementación del modelo de gestión integral del reciclaje de los RCD, validando sus pasos y evaluando los indicadores de efectividad. Además, se incluyen en el informe una serie de conclusiones y recomendaciones, que dan respuesta coherente al diseño metodológico de las tesis. Finalmente, se presenta la bibliografía consultada, y los anexos, que soportan los estudios realizados.

Capítulo I

Capítulo I. Fundamentos teóricos sobre la implementación de modelos para la gestión del reciclaje de los RCD

1.1. Generación y composición de los RCD

1.1.1. Definición de los RCD

Se denominan residuos de la construcción y demolición (RCD) a los residuos básicamente inertes, que proceden principalmente de las actividades propias del sector de la construcción y demolición de obras de edificación y obras de remodelaciones. Estos residuos son constituidos por tierras y áridos mezclados, piedras, restos de hormigón, restos de pavimentos asfálticos, materiales refractarios, ladrillos, vidrios, plásticos, yesos, metales, maderas ,como residuos inertes los RCD se consideran aquellos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas (F. et al., 2009).

La generación RCD aumenta cada año como consecuencia del crecimiento urbanístico, en las últimas décadas ésta generación ha sufrido un importante incremento, lo que ha dado lugar a que las distintas administraciones públicas, sobre todo las europeas, comenzaran a regular la gestión de este tipo de residuos. (Bedoya, 2011) afirma que los residuos de la construcción y la demolición, son materiales con un alto potencial a ser reciclados, debido a la composición de sus materiales.

1.1.2. Clasificación de los RCD

Según (F. et al., 2009) los RCD se pueden dividir en dos grupos los cuales se enuncian a continuación:

- Tipo I: Tierras y materiales pétreos
- Tipo II: Escombros

(Alpízar and Flórez-Estrada, 2011, F. et al., 2009, Gutiérrez et al., 2014) concuerdan y definen estos como los RCD tipo I, procedentes de obras de excavación y de los movimientos de tierras, que también se engloba en el concepto de residuos de

construcción y demolición, estas tierras excavadas pueden ser directamente utilizadas como material de relleno para subbases de carreteras o pavimento en vías temporales de tránsito de vertederos, rellenos de canteras o minas abandonadas, y rellenos de tierra para restauración paisajística, por tanto no constituyen una actividad peligrosa que afecte el medio ambiente.

Los de tipo II, llamados escombros, son lo que proceden principalmente de las actividades propias del sector de la construcción y demolición de obras de edificación y se pueden identificar como hormigones y morteros, ladrillos, azulejos y otras cerámicas (pisos), tejas y materiales cerámicos, materiales de construcción derivados del yeso, asfalto, metales, tierras y piedras, residuos mezclados de los anteriores, residuos especiales (pinturas y otros).

Por otra parte (F. et al., 2009) afirma que los escombros también se clasifican de la manera siguiente:

- Escombros de concreto; simple y reforzado. La mayoría de este tipo de residuos tienen como material cementante, cemento hidráulico Portland.
- Escombros de ladrillo cerámico (macizos y huecos) mezclado con mortero de pega y trozos de concreto.
- Escombros de cerámicos; incluye baldosas, gres, azulejos, vidrio y porcelanas.
- Escombros de tejas de arcilla cocida.
- Escombros mixtos. Combinación de residuos de los enunciados anteriormente.
- Residuos de la actividad de producción de elementos de construcción. Ladrillos, bloques, baldosas, cerámicas y prefabricados entre otros.

Como certifica (Aguilar, 2010) estos residuos normalmente pueden aparecer mezclados con otros tipos de residuos, como restos vegetales y de podas, metales y enseres domésticos, maderas y aglomerados, residuos orgánicos, plásticos e incluso residuos peligrosos.

La cuantificación del volumen de producción y composición de los RCD todavía se enfrenta al problema de la falta de datos o estadísticas fiables en muchos países, lo que ha obligado hasta el momento (salvo en casos contados) a manejar estimaciones efectuadas a través de cálculos indirectos o basadas en muestras de limitada representatividad.

Según (Aguilar, 2010, Bustos, 2012, Construcción, 2013) concuerdan que existen diversos factores que influyen claramente en el volumen y composición de los RCD generados en un determinado momento y ámbito geográfico. Entre ellos cabe destacar los siguientes:

- Tipo de actividad que origina los residuos: construcción, demolición o reparación/rehabilitación.
- Tipo de construcción que genera los residuos: edificios residenciales, industriales, de servicios, carreteras, obras hidráulicas, etc.
- Edad del edificio o infraestructura, que determina los tipos y calidad de los materiales obtenidos en los casos de demolición o reparación.
- Volumen de actividad en el sector de la construcción en un determinado período, que afecta indudablemente a la cantidad de RCD generados.
- Políticas vigentes en materia de vivienda, que condicionan la distribución relativa de las actividades de promoción de nuevas construcciones y rehabilitación de existentes o consolidación de cascos antiguos.

(Aguilar, 2010) define que los materiales contenidos de RCD que técnicamente son aprovechables se pueden clasificar de la siguiente forma:

- *Materiales reutilizables*, constituidos fundamentalmente por piezas de acero estructural, elementos de maderas de calidad y/o recuperados en buen estado, piezas de fábricas (ladrillo, bloque, mampostería), tejas (cerámicas y de pizarra) y tierras de excavación.
- *Materiales reciclables*, constituidos fundamentalmente por metales (férreos y no férreos), plásticos y vidrio. Estas fracciones, en la medida que pueden

recuperarse libres de impurezas, son susceptibles de incorporarse al mercado del reciclado para dar lugar a los mismos o similares productos que originaron el residuo.

- *Materiales destinados a la fabricación de productos secundarios*, aparte de los metales, plásticos y vidrio que, además de reciclarse se pueden destinar a este fin, son fundamentalmente los materiales pétreos, cerámicos (ladrillos), hormigón y pavimentos bituminosos los que pueden dedicarse a la fabricación de productos secundarios.

La generación de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) constituye un problema tanto económico como ambiental, que se agudiza en la medida que se incrementa el volumen de producción de los mismos. Los que según (Pavón et al., 2012) son bastante dispersos en los diferentes países y oscilan entre el 10 y 70 %.

1.2. Gestión del reciclaje de los RCD

El reciclaje definido por (Anzieta, 2004) y (Cochran, 2006) es uno de los conceptos más comúnmente confrontados en la gestión de residuos sólidos, luego de la reducción y la recuperación. Sin embargo la palabra reciclaje, no solo describe un proceso industrial de transformación de residuos en materia prima para elaborar otros productos, sino que acarrea una serie de pasos previos, desde la generación de los residuos, la separación adecuada en el origen, la entrega de materiales reciclables, el acopio, transporte y venta, todo esto asimilado a partir de argumentos ambientales, sociales y económicos.

(F. et al., 2009) y (Esguícero et al., 2009) concuerdan que el problema de los RCD, hoy en día, no es, ni lo será nunca, su producción, sino su recolección, transporte y disposición final; por cuanto se evidencia que por causa de la indisciplina de los recolectores y transportadores, al igual que de la ciudadanía, se disponen estos residuos en cualquier parte, atentando contra la estética de la ciudad, acelerando el deterioro ambiental ,estos desórdenes ocasionan millonarias pérdidas para las entidades responsables de dicho manejo y control ambiental.

La gestión integral del reciclaje de los RCD se maneja por el ciclo óptimo de residuos de la construcción y demolición según se muestra en la (Figura 1), que es compuesto por los procesos de generación, recolección y transporte de los mismos, la separación y reciclaje y la obtención de los productos reciclados.



Figura 1. Ciclo óptimo para el manejo de los RCD

1.2.1. Generación, recolección y transporte de los RCD

Debido a las construcciones nuevas, demoliciones, remodelaciones y obras públicas, la gran cantidad de los RCD que se generan se disponen en sitios para que los recolecten y los transporten a las diferentes escombreras, ya sea en los sitios de acopio o zonas abandonadas, estos no están organizados y no poseen cultura para que se gestionen estos residuos de manera efectiva, en definitiva la mayor parte de los RCD no se recolectan ni se transportan de manera regulada y controlada.

Los sistemas más recomendables, tecnológicamente para la recolección y el transporte según (Mena, 2008) son las máquinas de transporte de tierras y/o rocas. Estas son máquinas autopropulsadas sobre ruedas, destinadas al transporte o acarreo de suelos y/o rocas y otros materiales similares a granel a diferentes

distancias. Estas máquinas están equipadas de una cama o depósito abierto con capacidades variables y dispositivos hidráulicos para su auto descarga.

Estas máquinas se clasifican en tres grupos:

- Camiones de Volteo
- Semirremolque de Volteo
- Camiones de Volteo Fuera de Camino (Dumper). (Ver el anexo 1)

(Alpízar and Flórez-Estrada, 2011) explican que la maquinaria que se utilice para transportar materiales debe estar en buen estado de conservación, sin fugas de aceites ni de combustibles, con el sistema de evacuación de gases funcionando adecuadamente, de tal manera que el ruido sea el mínimo; además, deberá contar según corresponda, con los permisos de circulación y la revisión técnica vehicular, lo que deberá ser verificado y controlado regularmente.

1.2.2. Separación de los RCD

Una condición necesaria para el reciclaje de los residuos de construcción y demolición es una separación cuidadosa, con el fin de buscar los materiales potenciales a ser reciclados o reutilizados y disminuir el volumen de residuos generados.

Como afirmaron (F. et al., 2009, Seo and Hwang, 2011, Bedoya, 2011) la composición de los residuos de la construcción y las demoliciones es variable de por sí, el poco o nulo grado de separación y la información al respecto lo es aún más, esta situación ha ocasionado una generalizada insuficiencia de datos y la dificultad para realizar mediciones adecuadas de la composición de los residuos de construcción, debido a que no se conoce su composición ni una acertada caracterización de los mismos como tal, lo que no ha dado, en realidad, idea de lo que sucede en las obras en particular, y menos aún en el sector, dado que esto depende mucho del tipo de obra que se realiza y del manejo que se le ha dado a los RCD.

(Aguilar, 2010) describe que existen limitaciones en las técnicas de separación de fracciones de RCD, que son especialmente relevantes cuando se trata de conseguir un alto grado de reutilización o reciclado, por otra parte (Cochran, 2006) sostiene que la recuperación absoluta de materiales correspondientes a fracciones minoritarias en los RCD presenta problemas técnicos cuando los mismos se encuentran muy mezclados.

Según (Bedoya, 2011), la separación de los RCD puede ser realizado mediante una demolición selectiva que es el proceso mediante el cual se realiza una separación selectiva de los diferentes materiales que se van generando en coordinación con el proceso de demolición; lo que quiere decir que, mientras se lleve a cabo la demolición de la obra paralelamente se lleve a cabo una separación, con el fin de prevenir la mezcla de los materiales y la contaminación de las materias reciclables como la madera, el papel, el cartón y el plástico, entre otros. Esto hace que el proceso de demolición selectiva sea más costoso en comparación con los métodos tradicionales de demolición. Los ahorros económicos, por otro lado, aumentan si se tiene en cuenta que esto significa una mayor calidad de los materiales de demolición, y elimina la necesidad de hacer la selección en una planta de reciclaje. También se ahorran los costos de transporte y tasa de disposición final.

Por otro lado, (Bustos, 2012), refiere que la separación en las plantas de reciclaje se hace de manera tal que después que se recepciona el material proveniente de las máquinas de transporte de tierras y/o roca de derribos, se procede a retirar los materiales más voluminosos (fracciones superiores a 400 mm) en el lugar de descarga. El material descargado es inspeccionado visualmente, observando que no existan elementos que contaminen el proceso.

1.2.3. El proceso de reciclado

(Bustos, 2012, Construcción, 2013) concuerdan que las plantas de reciclaje se pueden clasificar como fijas o móviles pero el funcionamiento de ambas es igual,

Inicialmente se realiza un triaje¹ primario, para separar aquellos residuos que pudieran haber sido recepcionados y que no pueden ser tratados en la instalación. Se explican los procesos por donde pasan estos RCD como sigue:

Clasificación primaria: Se obtienen materiales como metales, maderas, plásticos, compuestos orgánicos, elementos visibles, entre otros; los cuales son depositados en acopios.

Cribado o clasificación por granulométrica: La clasificación granulométrica se realiza con equipos de cribado, ejemplos mostrados en el anexo 2, que separan las partículas grandes de las pequeñas, por medio del movimiento a través de unas mallas o láminas perforadas. Este proceso se puede complementar con el transporte de material de diferente granulometría a través de las bandas mecánicas.

Operaciones de trituración primaria: Se elige una trituradora comercial que posee capacidad de entrada de elementos voluminosos. Las partículas que tienen una granulometría mayor a 35 mm luego de ser trituradas, siguen con las operaciones de separación magnética y neumática.

Clasificación neumática: Se retiran elementos de baja densidad que aún están contenidos dificultando el proceso.

Separación magnética: Utilizando un electroimán se retiran los elementos metálicos valorizables presentes en esta etapa del proceso productivo. (Ver anexo 3) las maquinarias utilizadas para estas separaciones

Operaciones de trituración secundaria.: Con una trituradora comercial de Impacto que dispone de un rotor provisto de barras, reduce el tamaño del material en una relación muy alta con respecto a la alimentación; el material mayor que 35 mm es sometido nuevamente a un proceso de pulverización para obtener fracciones más finas que al ser cribadas nuevamente, se obtiene como producto final agregados reciclados con granulometrías menores de 10 mm, que comercialmente se conocen como agregados finos.(Bustos, 2012, Drumond, 2015, Porras and Cortés, 2014)

¹ acción y efecto de triar (Escoger, separar, entresacar).

(Alpízar and Flórez-Estrada, 2011, Gutiérrez et al., 2014) explican que para que la gestión del reciclaje sea exitosa, deben identificarse los siguientes riesgos:

- Certeza del mercado: las iniciativas de reciclaje deben estar ligadas a los mercados de material reciclado, el riesgo se reduce si se relacionan adecuadamente los tiempos de desarrollo y planeamiento con los del proceso de reciclaje.
- Control de calidad: la calidad del producto final reciclado está estrechamente ligada a la de los RCD que alimentan la producción. Se recomienda que el material reciclado mantenga la mayor exigencia técnica requerida para material similar nuevo.
- Certeza del abastecimiento de los materiales: la eficiencia de la operación de reciclaje depende, entre otros factores, del ingreso de una cantidad y de una calidad previsible de suministros. El riesgo se minimiza si se ponen en marcha mecanismos para asegurar el abastecimiento adecuado del programa de reciclaje.
- Creación de una estructura institucional para el reciclaje: es necesario definir una aplicación futura de la tecnología que se utilice para atender la emergencia, con el fin de darle valor posterior. Para esto, se deben promover políticas destinadas a impulsar el reciclaje de RCD.

Como se discutió anteriormente, la reducción en la generación es la manera más eficiente, este reducirá los costos asociado al manejo y procesamiento de los RCD, la reutilización es la opción más utilizada pues esta tiene un mínimo costo de procesamiento y el uso de la energía. (Karunasena et al., 2010) .

1.3. El Árido reciclado

Según los estudios de factibilidad técnico–económicos para los áridos reciclados realizados por (Alonso, 2014), en el mercado nacional la presencia de los árido reciclados constituye un gran reto, pues las experiencias en el tratamiento de los residuos de la construcción son insuficientes, debido a que en la actualidad, la gran

industria productora de áridos, no llega a satisfacer las crecientes demandas de materiales de construcción, esta demanda hace que se incrementen los costos de transportación.

El árido resultados del proceso de reciclado del taller de Eco-Materiales en Manicaragua (son vendidos a precios mayoristas al Ministerio de Comercio Interior (MINCIN) que resulta el único cliente de la empresa; y este a su vez los ofrece a precios minoristas.

Para la venta a la población, los precios fijados para los áridos por el MINCIN se desglosan en la Tabla 6.

Tabla 1. Listado de precios del MINCIN

Productos	UM	Precios (CUP)
Piedra triturada macadam	m ³	123,75
Piedra triturada hormigón	m ³	129,10
Piedra triturada gravilla	m ³	109,5
Piedra triturada granito	m ³	109,5
Polvo de piedra	m ³	130,30

Fuente: Grupo Empresarial de Comercio de Villa Clara

1.3.1. Ventajas de la producción de áridos reciclados

La producción de áridos reciclados necesita de un tratamiento correcto y a su vez una gestión adecuada, aprovechando cada uno de sus beneficios, entre los que destacan: la erradicación de los RCD y vertidos incontrolados, que provoca la acumulación desordenada de los mismos en vías y áreas públicas y el deterioro del entorno, favorece a la protección de los ambientes, disminuye la necesidad de la extracción de áridos naturales al existir un producto alternativo, se alivian las entradas de material proveniente de residuos de la construcción a los vertederos, se recuperan los espacios naturales degradados y disminuyen los niveles de contaminación del medio ambiente.

La tecnología de reciclado de RCD, se caracteriza por muy bajos costos de inversión y operación, aunque su producción es pequeña con pocos niveles de productividad. (Martirena, 2013) opina que la producción a escala local significa un paso de avance a la prosperidad y desarrollo en cuanto a la producción de materiales se refiere. Los

molinos alternativos propuestos por el CIDEM, al ser instalados en los diferentes municipios, permiten extender las ventas de materiales a la población.

Además se destaca la reducción de la distancia de transportación de los áridos, al no tener que recorrer grandes distancias para el acarreo de las materias primas; la posibilidad de producir un material de relativamente buena calidad sin necesidad de grandes inversiones; el consumo energético es muy bajo y resulta ideal para pequeños productores de áridos, que produzcan y vendan en el mercado local. Asimismo la producción de áridos, a partir de reciclar desechos de la construcción, implica disponer de instalaciones y tecnología de remolienda.

El uso del árido reciclado reduce la contaminación ambiental y estética, la creación de micro o macro vertederos, y crea en las personas un efecto moral (estado anímico reflejado por los seres humanos ante la suciedad) (Luna, 2013)

1.4. Modelos para el reciclaje de los RCD

1.4.1. Modelos. Concepciones Teóricas

El término “modelo” posee varios significados, los modelos son sistemas o procesos a fin de analizarlos, describirlos, explicarlos, simularlos y predecirlos. Asimismo se puede considerar, como representación de la realidad, explicación de un fenómeno, paradigma, patrón o guía de acción; idealización de la realidad; prototipo, uno entre una serie de objetos similares, un conjunto de elementos esenciales o los supuestos teóricos de un sistema.

Para generalizar el término modelo puede ser definido como una representación simplificada de la realidad, que se elabora para facilitar su comprensión y estudio, que permiten ver de forma clara y sencilla las distintas variables y las relaciones que se establecen entre ellas. Estos resultan muy útiles en investigación, deben ser más sencillos y manejables que las situaciones reales pero que presentan la realidad lo más fielmente posible.

1.4.2. Clasificación de los modelos

Los modelos son clasificados, por su función, materia, propósito, o dimensión, y pueden ser:

- ✓ Modelo en arquitectura: edificio que sirve como guía de inspiración para crear una obra nueva, totalmente diferente
- ✓ Modelo científico: representación abstracta, conceptual, gráfica (o visual), física o matemática, de fenómenos, sistemas o procesos a fin de analizarlos, describirlos, explicarlos, simularlos y predecirlos.
- ✓ Modelo económico, concepto proposicional o metodológico acerca de algún proceso o fenómeno económico.
- ✓ Modelo numérico: representación de un número con una letra, una sustitución de este, en una ecuación, en leyes matemáticas, etc.
- ✓ Modelo tecnológico :representación de procesos, modelos o sistemas que conforman un conglomerado mayor o supra-sistema, que pretende el análisis de interacción de ellos, a fin de mantener una relación flexible que les permita cumplir su función particular y coadyuvar para cumplir la función del supra-sistema
- ✓ Modelo matemático : tipo de modelo científico que emplea algún tipo de formulismo matemático para expresar relaciones, proposiciones sustantivas de hechos, variables, parámetros, entidades y relaciones entre variables, para estudiar comportamientos de sistemas complejos ante situaciones difíciles de observar en la realidad
- ✓ Modelo de datos: descripción de cómo se representan los datos, sea en una empresa, en un sistema de información o en un sistema de gestión de base de datos.

Asimismo según (Villalobos, 2011) los modelos se pueden clasificar también como sigue:

- Modelos Icónicos: estos son representaciones físicas de objetos o situaciones. Ejemplo de estos son:
 - Modelo Bi- dimensional: fotografías, mapas pinturas.
 - Modelo tri-dimensional: globo terráqueo, maquetas, fotografías aéreas vistas en estéreo, estructuras.
- Modelos análogos: son similares a un objeto o situación real, pero no se parecen físicamente a ellos. Ejemplos: cartas de navegación, rutas de vuelo, gráficos.
- Modelos simbólicos: Estos son modelos que comienzan como pensamientos abstractos y son recordados por su uso de símbolos. Ejemplos: las fórmulas químicas, las ecuaciones matemáticas, los modelos de simulación.

1.4.3. Modelos existentes a escala internacional

En el mundo existen varios modelos para el manejo de los RCD y su reciclaje, (Karunasena et al., 2010) explica que estos modelos varían de acuerdo a la región y el país dependiendo a las condiciones locales. El anexo 4 muestra los modelos utilizados en diferentes países, y la variación de sus procesos.

Un modelo reconocido internacionalmente para el manejo de los residuos sólidos urbanos (RSU) propuesto por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) en el año 2005 se muestra en la Figura 2.

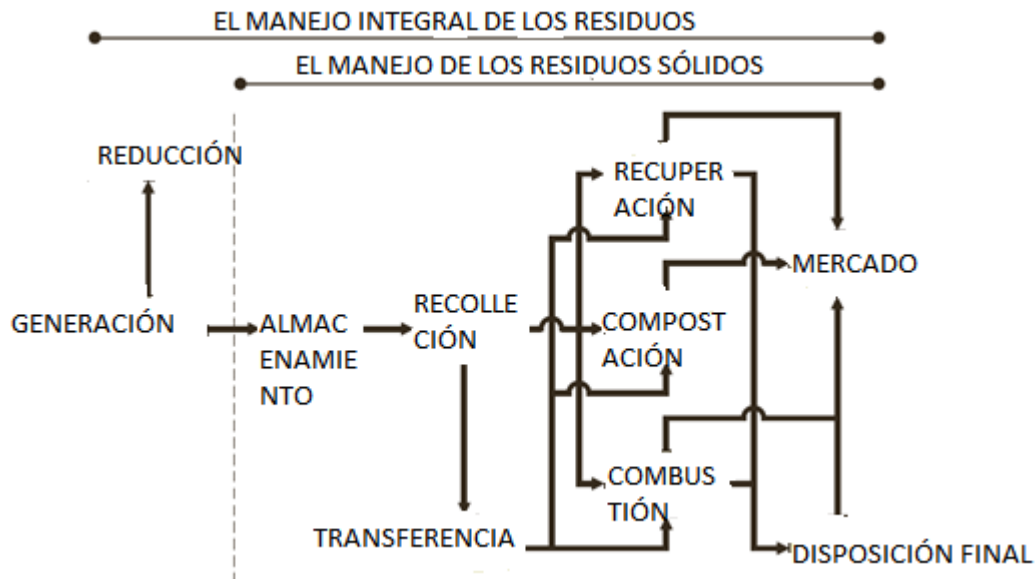


Figura 2. El modelo general para el manejo de los RSU. Fuente: (UNEP, 2005)

En muchos países los modelos utilizados en el manejo de los RCD, tienden a seguir la conocida regla de las 3R (Reducir, Reutilizar, Reciclar).

1.4.3.1. Análisis Clúster para los modelos de gestión de reciclaje de RCD

Para establecer las fases comunes de los diferentes modelos, se aplica un análisis de clúster. Para ello se determinan los criterios o variables a tener en cuenta a la hora de realizar un modelo y se evaluó la representatividad de los mismos, la selección fue realizada de manera crítica sobre la base de modelos más citados en la literatura internacional, utilizando el método de análisis Clúster a través del paquete de programas estadístico SPSS para Windows (versión 22.0, 2013), se realizó la clasificación de estos criterios, considerando una medida binaria y calculando 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.

El resultado de la aplicación de este método posibilitó definir 3 grupos de variables como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados de análisis clúster para los modelos para la gestión de reciclaje de los RCD

Grupo de Variable	Concepto	Porcentaje de Ocurrencia	Grupo	I	II	III
			Cantidad de Modelos	4	3	2
Grupo I	Separación en origen y recogida selectiva	67 %	6	2	2	2
	El transporte de los recursos	67 %	6	2	2	2
	Aprovechamiento de los RCD (Reutilizar)	56 %	5	1	2	2
Grupo II	Definición de los residuos	33 %	3	1	0	2
Grupo III	Generación y Minimización de los Residuos.	78 %	7	3	3	1
	Aprovechamiento de los RCD (Reciclar)	89 %	8	3	3	2
	Disposición Final	100 %	9	4	3	2

Fuente: Elaboración propia.

El grupo I incluye las variables: Separación en origen y recogida selectiva, el transporte de los recursos, aprovechamiento de los RCD (Reutilizar), con 67, 67 y 56 % respectivamente, el grupo II incluye la definición de residuos con 33 % y el grupo III incluye la generación y minimización de los residuos, aprovechamiento de los RCD (Reciclar y Reducir) con 78, 89 y 100 % respectivamente, constituyen los más representativos. Significa que a la hora de evaluar un modelo para la gestión integral de los residuos de construcción y demolición no se puede prescindir de estos elementos.

A continuación se describen las fases:

Fase 1. Definición o identificación (fracciones valorizables) contenidas en los residuos de construcción y demolición

- Identificación de los conceptos de trabajo en donde se emplearán materiales de reúso y reciclaje, así como los tipos de residuos que se generarán del proceso de la obra.
- Cálculo de indicadores de reúso, reciclaje y disposición final: La determinación del volumen de residuos (T_{RCDs}) que identificamos según su destino, es decir reúso, reciclaje (en obra (RCD nivel II) o fuera de obra (RCD nivel I)) o disposición final. La Tabla 1 muestra la clasificación de los términos utilizados en la ecuación del indicador para el cálculo de la totalidad de conceptos de trabajo donde se emplean los RCD.

$$T_{RCDs} = RU + RCo + RCa + D \quad (1)$$

Donde:

T_{RCDs} = El número de conceptos de trabajo donde se emplean los RCD en la obra.

RU = Residuos reusables o reutilizables

Rco = Residuos Reciclables en Obra que son RCD de Nivel II (escombros)

Rca = Residuos Reciclables fuera de Obra que son RCD de Nivel I, incluyendo materiales pétreas

D = Residuos para Disposición Final que son los materiales sobrantes que no se les haya atribuido un aprovechamiento

$RU = Mc + M + Mce + Rna$

$Rco = E + Rp$

$Rca = Tp + Te$

Tabla 3. Tipos de RCD

Siglas	Denominación
Mc	materiales compuestos por cemento, cal, arena y piedra (bloques de concreto)
M	materiales cerámicos (ladrillos)
Mce	Materiales cerámicos: tejas, tubos, ladrillos, baldosas
Rna	Residuos no aprovechables en agregados reciclados, pero que pueden tener un destino de reciclaje en obras industriales está compuesto por

	materiales como: tierra, yeso, metal, madera, papel, plástico, cartón, telas, vidrio.
E	Escombros, generalmente de actividades propias del sector de la construcción, de la demolición y de la reparación domiciliaria
Rp	Residuos del proceso productivo de materiales de construcción
Tp	Piedras de potrero
Te	Tierra de excavación

Fase 2. Estimación de la generación y minimización de los residuos

- Hace referencia a las proyecciones de RCD y de excavación que serán generadas en una obra.
- Aplicación de buenas prácticas para reducir la generación de RCD producidos en las actividades de ejecución de las obras civiles.
- Incremento en el empleo de materiales que se puedan reciclar.

El cálculo para estimar los volúmenes de RCD que se genera en obra, se suele realizar utilizando coeficientes que permiten estimar a partir de la superficie construida, demolida o reformada, el volumen de RCD producidos

Estos coeficientes han sido establecidos a través de estudios estadísticos de obras reales y viene a significar la cantidad de RCD generada por cada metro cuadrado de obra, las mismas pueden ser nuevas, reformadas o demolidas, cada una de ellas tiene un coeficiente diferente por ejemplo: para una obra nueva se estima que por cada metro cuadrado de obra construida se generan 12 cm de RCD, por lo tanto, el coeficiente para obra nueva es: $C.o.n = 0,120 \text{ m}^3/\text{m}^2$ construido, para obras de reforma, el coeficiente es: $C.o.r = 0,4892 \text{ m}^3/\text{m}^2$ reformado y para obra de demolición, el coeficiente es: $c.o.d. = 0,8583 \text{ m}^3/\text{m}^2$ demolido.

Indicador: Este indicador muestra la disminución en la cantidad total de los residuos generados por una organización. (Se recomienda hacer la comparación con obras similares para mayor representatividad del indicador), el indicador es aproximado, dado que cada obra tiene una particularidad distinta.

$$\% \text{ Reducción} = \frac{\text{Cantidad de Residuos Obra (1)} - \text{Cantidad de Residuos Obra (2)}}{\text{Cantidad de Residuos Obra (1)}} \quad (2)$$

Aplicación de buenas prácticas constructivas para reducir la generación de RCD

Para la gestión integral de los residuos, es necesaria la minimización de la generación de los mismos, y una forma de realizarlo es mediante la aplicación de buenas prácticas constructivas, como las que se describen de manera siguiente:

- Realizar un correcto mantenimiento del almacén, puesto que una instalación desorganizada es una fuente potencial de residuos
- Preparar las cantidades necesarias de materiales consumibles, calculando previamente con exactitud la superficie a mantener, acabar o reparar.
- Comprobar que transcurre el tiempo de secado indicado por el fabricante y que no se utilizan procedimientos artificiales de secado. Así se evitan desprendimientos por mala calidad en la obra y, por tanto, la proliferación de residuos.
- Calidad de los materiales. El empleo de maquinarias de producción permite una buena calidad probada y constante de los materiales que son determinados, dosificados y controlados. Dichos procedimientos dan como resultado materiales de mayor resistencia ajustando los métodos constructivos.
- Antes de iniciar la obra, se deben establecer los sitios determinados al almacenamiento temporal de los residuos según su tipo, debe señalarse uno por cada 500 metros lineales de área de construcción.
- Centralizar el manejo de RCD y residuos sólidos, reuniéndolos.
- El generador de los residuos debe exigir el manifiesto de transporte, el certificado de tratamiento y de disposición final de los residuos.
- Implementar acciones correctivas y oportunidades de mejora, mediante el seguimiento de indicadores.

- Identificar a las personas o empresas que estén interesadas en recibir materiales reciclables, resultantes de las actividades de la obra para que estas se encarguen de su recolección periódica, transporte y transformación

Fase 3. Separación en origen y recogida selectiva

Con la finalidad de potencializar su aprovechamiento los residuos deberán identificarse y separarse dentro de la obra, además el transportista deberá respetar dicha separación hasta su disposición ya sea en plantas de reciclaje, transferencia o en sitios de disposición final autorizados.

Los RCD deberán separarse principalmente en las siguientes fracciones:

1. Material de excavación (Arcillosos, Granulares).
2. Concreto (Simple, Armado, asfálticos).
3. Escombros (Fragmentos de Block, Tabique, Adoquín, Tubos, Ladrillos, Piedra, etc.).
4. Otros (Madera, Cerámica, Plásticos, Yeso, Materiales Ferrosos, etc).

Indicador: Muestra el porcentaje de la cantidad de residuos de cada material homogéneo separado, por la cantidad total de residuos generados.

$$\% \text{ Residuo Separado (X)} = \frac{\text{Cantidad de Residuo (X) en la obra}}{\text{Total cantidad de Residuos generados en la obra}} \times 100 \quad (3)$$

Donde:

X = tipo de residuo

Cuando se finaliza el proceso de separación, se buscan los materiales que son valorizables e integrables al circuito de la reutilización o reciclaje, y los que no, se destinan a los sitios de acopio legales para la disposición final.

Fase 4. El transporte (o almacenamiento) de los residuos previamente seleccionados

El transporte de los residuos recogidos se realizará mediante camiones específicos independientes del sistema de recogida general de los residuos urbanos. En caso de estimarse necesario, para optimizar los costos de transporte, se podrían instalar estaciones de transferencia o intercambio, en ellas se procede a la retirada de determinados materiales valorizables (fracciones no áridas), tales como la madera, el plástico o los metales. Estas fracciones y las áridas se almacenan separadamente hasta que suponen un volumen rentable para su transporte a valorización material y/o eliminación.

Fase 5. Aprovechamiento de los RCD mediante la reutilización, reciclaje y valorización

Valorización de los RCD: actividades o acciones que estimulan la recuperación y reincorporación de los RCD en el ciclo productivo como materia prima reciclada o como elementos a ser reutilizados en la construcción. Los RCD pueden ser valorizados en dos formas:

Reutilizar es el proceso de volver a utilizar un material o residuo en un mismo estado, sin reprocesamiento de la materia o sea sin ningún tipo de transformación o cambio físico químico, ofreciendo nuevas alternativas de aplicación. Generalmente son elementos que se encuentran en buen estado o que tiene relativa importancia arquitectónica, como pueden ser ventanas, puertas, acero estructural. (Bedoya, 2011)

Reciclar es cualquier proceso donde materiales de desperdicio son recolectados y transformados en nuevos materiales que puedan ser utilizados como nuevos productos o materias primas. (Bedoya, 2011)

La preferencia en la valorización de los RCD se inclina hacia reciclar menos y reutilizar más, en virtud de que en la reutilización la recuperación de materiales se

logra sin agregar más procesos y energía a los residuos para revalorizarlos. (REYES, 2010)

Además los RCD recogidos en las plantas de tratamiento se clasifican y tratan con el objetivo principal de obtener áridos reciclados que cumplan los requisitos técnicos mínimos para ser utilizados en los usos para los que son viables técnica y económicamente.

Indicador: Este indicador muestra el porcentaje de la cantidad de residuos sometidos a un proceso de reutilización o reciclaje.

$$\% \text{ Residuo Reutilizado} = \frac{\text{Cantidad de Residuos Reutilizados en la Obra}}{\text{Total Cantidad de Residuos Generados en la Obra}} \times 100 \quad (4)$$

$$\% \text{ Residuo Reciclado} = \frac{\text{Cantidad de Residuos Reciclados en la Obra}}{\text{Total Cantidad de Residuos Generados en la Obra}} \times 100 \quad (5)$$

Fase 6. Disposición Final

Debido a que no todos los residuos que se generan de un proceso constructivo son reusables o reciclables, aquellos que no puedan ser aprovechados, deberán ser dispuestos en sitios especializados, con el documento de control correspondiente, o sea como última alternativa al rechazo final se contempla la eliminación en vertedero pues ésta es la que representa mayor impacto y sólo proporciona gastos, por lo que debe ser el último recurso en el tratamiento integral de los RCD.

Pueden distinguirse dos tipos de vertidos:

- Los vertidos controlados que evitan los efectos contaminantes. Éstos se realizan en depósitos habilitados, de modo que se garantice lo siguiente:
 - ✓ Alejamiento de corrientes subterráneas de agua.
 - ✓ Enterramiento y cubrimiento regular de las basuras.
 - ✓ Evacuación correcta del metano producido por la fermentación de las basuras, para evitar que se produzcan incendios o explosiones.
- Los vertidos incontrolados que no evitan los efectos contaminantes. Ocasionalmente ocasionan los siguientes problemas:

- ✓ No existe control de la cantidad ni de la calidad de los residuos vertidos.
- ✓ No se realizan separaciones de RCD, por lo que se pierden materiales muy aprovechables.
- ✓ Se produce un amontonamiento de residuos que llega a ser muy voluminoso y sirve de refugio para roedores y otro tipo de animales.
- ✓ Se emiten olores desagradables y humos debido a que se prende fuego a los residuos para recuperar los metales.
- ✓ Degradación del paisaje.

Indicador: Cantidad de RCD dispuestos en los sitios legales.

RCD Disposición final = *Total Resid Generados* – *Cantidad Resid Aprov* (6)

1.5. Implementación de modelos para la gestión de reciclaje de RCD a nivel mundial

1.5.1. Implementación. Concepciones Teóricas

La implementación se define como la instalación de una aplicación informática, realización o la ejecución de un plan, idea, modelo científico, diseño, especificación, estándar, algoritmo o política.

Se distingue el término implementación de implantación, puesto que una implantación se realiza de forma impuesta u obligatoria al usuario sin importar su opinión; en cambio en la implementación se involucra al usuario en el desarrollo de lo que se está realizando. En ciencias políticas, la implantación se refiere al cumplimiento de la política pública. La legislación aprueba leyes que son llevadas a cabo por funcionarios públicos que trabajan en agencias burocráticas.

1.5.2. Implementación de modelos en el manejo de los RCD a escala internacional

(Karunasena et al., 2010) describe que para la implementación de un modelo de gestión de reciclaje de RCD se debe, asegurar, como un paso inicial, que las actividades que lo forman deben ser incorporadas completamente con las legislaciones y políticas implementadas, basado en la protección del ambiente, el manejo y reducción de los residuos, línea directiva sobre disposición en los rellenos de tierra, sostenibilidad económica etc. Además debe ser adoptado, coordinado e implementado a escala nacional, provincial y municipal. El anexo 5 es un resumen de las políticas utilizados en varios países de Asia, para la implementación de modelos en el manejo de los RCD.

Existen diferentes sistemas de aplicación según (Anzieta, 2004) que son de utilidad al momento de decidir implementar un proyecto de reciclaje y estos se presentan a continuación :

Sistema Modelo Barrio piloto abierto

En este sistema el punto de inicio de separación es el barrio, se considera abierto porque otros sectores aledaños pueden sumarse en el aporte de materiales y participación en las expectativas de recuperación.

Sistema Modelo Barrio piloto cerrado

Este sistema se aplica en casos puntuales como: estudios de factibilidad, catastros² sobre cantidades y tipos de residuos, ensayos de separación y entrega de materiales reciclables etc. La entrega de materiales y el acceso a los recursos son exclusivos para los participantes.

Sistema Modelo extensivo (abanico)

El Modelo extensivo o abanico, es la forma de visualizar si el proyecto de reciclaje se replicara en otros barrios y de qué manera se replicara y luego de que el modelo ha sido evaluado positivamente, el proyecto de reciclaje puede insertarse en otro u otros barrios, efectuando modificaciones según se necesite.

² Catastros : Registros, datos, información

Sistema Modelo sector comercial integrado

A diferencia del modelo de barrios, en este sistema se incorpora el sector comercial que implica un estudio de factibilidad y la elaboración de una cartera de almacenes o tiendas dispuestas a integrar el proceso de clasificación y entrega. También es necesario tipificar el grupo de almacenes participantes según el rubro, para tener una idea más clara sobre qué y cuánto se genera; qué y cuánto se recuperará. La municipalidad o alguno de los organismos participantes deberán reunir esta información, mediante la aplicación de encuestas.

Sistema Modelo sector educativo integrado

Este tipo de modelo consiste en la unificación de centros educativos, bajo un mismo sistema de clasificación, acopio y entrega de materiales reciclables. A diferencia de los modelos anteriores, los participantes del sistema (centros educativos como escuelas básicas, liceos, colegios, universidades, institutos), podrán acopiar los residuos recuperados al interior de sus instalaciones, para luego ser retirados por los recuperadores urbanos. Las redes de reciclaje en centros educativos, permiten intercambiar experiencias sobre el sistema, efectuar eventos para la promoción y extensión de la red, y pueden fomentar la organización de los recuperadores informales quienes tomarán la responsabilidad de recolectar los materiales por escuela o grupo de escuelas, sectorizando y ordenando su labor.

(Brooks et al., 1994) , Afirma que para la implementación de un programa de reciclaje se deben contemplar alrededor de doce pasos.

1. Identificación de los participantes (barrio, escuela, ciudad), grado de interés, tipos de residuos, etc.
2. Identificación de los mercados del reciclaje
3. Determinación del equipo y espacio físico para operar un centro de reciclaje
4. Planificación del funcionamiento del sistema de reciclaje
5. Elaboración del Proyecto
6. Decisión sobre cómo va a ser recolectado el material de reciclaje

7. Desarrollo de Plan de Operaciones
8. Difusión del Plan a la Comunidad
9. Publicidad del Programa
10. Mantenimiento del funcionamiento del Centro
11. Evaluación del programa
12. Seguimiento

Pero según (Anzieta, 2004), los pasos esenciales para la implementación de un programa de reciclaje de residuos de construcción, se enumeran a continuación :

Paso 1. Determinación del impacto y factibilidad del Modelo

El estudio de la factibilidad para la implementación de un modelo de gestión integral de reciclaje de RCD contempla los estudios de impactos ambientales, económicos, así como impactos sociales.

(Gaspar, 2015) elabora una memoria sobre los estudios de factibilidad del árido reciclado en Cuba que está compuesto por estos aspectos: Sistema de marco lógico, estudio de mercado, estudio técnico, estudio de costo, y estudio financiero.

Estudio del impacto ambiental

Para lograr un aprovechamiento de los residuos de la construcción generados, es de gran importancia el estudio sobre el impacto medio ambiental del modelo ya que se deben evitar y mitigar los efectos sobre el medio ambiente.

La maquinaria y el equipo que se utilicen en el proyecto deberán tener un constante mantenimiento, conforme a lo que establece la Ley de tránsito y su reglamento, de manera que de sus motores no se produzcan emisiones que superen la norma establecida. Según (Alpízar and Flórez-Estrada, 2011) se recomienda utilizar maquinaria y equipo en óptimas condiciones así como laborar y transportar los RCD (residuos de la construcción) en un horario diurno, de las 8:00 a. m. a las 5:00 p.m., para evitar afectaciones por ruido a los vecinos del área del proyecto , se debe dar

un mantenimiento adecuado a las vías internas dentro del área del proyecto y garantizar que se reduzca la emisión de polvo a la atmósfera durante el proceso de reciclado.

Estudio del impacto económico

El modelo propuesto debe contribuir a la producción de árido reciclado a escala municipal así como la comercialización del mismo, asistir a una reducción en la compra de áridos naturales desde las canteras, disminución en costos de transportes de mismo y el beneficio de que el árido reciclado se comercia a un precio bajo que el árido natural.

Estudio del impacto social

Se estudia los beneficios en la sociedad como son la generación empleo a un grupo de personas además de contribuir a la sensibilización y educación sobre la importancia del tratamiento de residuos de la construcción así como los beneficios del producto final, de igual manera se asegura de no afectar la comunidad por cualquiera efecto negativo que se genera como consecuencia de la operación del mismo.

Paso 2. Clasificación de los desechos (tipos de desechos por recuperar)

Durante el diseño del modelo se aprecia la importancia del conocimiento de los tipos de residuos a recuperar, esto depende mayormente de la actividad que origina los residuos, tipo de construcción, edad del edificio o infraestructura, recolección del material reciclado y determinación de los organismos, o entidades responsables para el acopio así como el transporte de los residuos según estrategias y regulaciones para el manejo de los mismos.

Paso 3. Capacitación e información

Se determinan los métodos y técnicas para la transmisión de la información y la publicidad del programa a la población y lo más importante a los trabajadores, y

empresas involucrados en el funcionamiento de la planta de reciclaje. Este incluye capacitarlos en temas de manejo de RCD, así como proporciona a los trabajadores conocimientos básicos acerca de la seguridad en el trabajo, considerando los distintos tipos de labores, los riesgos generales y específicos a que se exponen y la mejor forma para su prevención o la programación de charlas diarias al inicio de cada día, con el fin de motivarlos y concientizarlos acerca de los beneficios que representa el reciclado de los áridos.

Jornadas de sensibilización y participación ciudadana

Es necesario implementar programas de educación y participación ciudadana, (Reyes, 2010) afirma que la participación de ciudadanos es de vital importancia para tener éxito en las tareas de reciclaje, que es una campaña de sensibilización a la comunidad relacionada con cuanto y qué tipo de residuos son los que se recogen y reciclan.

Paso 4. Separación en la fuente

Se describe el proceso de la separación de los RCD una vez recepcionados en la planta, precisando el plan del funcionamiento del sistema de reciclaje, las etapas de cribado o separación así como las maquinarias a utilizar. Los residuos generados en el taller deberán ser segregados según el tipo de material a utilizar siempre y cuando estos no se encuentren contaminados.

Paso 5. Selección de la empresa Recicladora

Para la selección de la empresa recicladora, se debe determinar el tamaño de la planta que tiene dos parámetros importantes, el primero es el volumen de residuos de construcción a reprocesar y el segundo la capacidad del equipo seleccionado.

El segundo factor a tener en cuenta para el dimensionamiento de la planta es la capacidad de los equipos existentes en el mercado, con el fin de utilizar una alternativa que maneje las cantidades actuales y que permita el crecimiento con las

cantidades esperadas para la zona, de manera que se logre ampliar su cobertura. (Alonso, 2014)

Paso 6. Seguimiento

El seguimiento involucra el mantenimiento del funcionamiento de la planta, la evaluación del programa y el control de la calidad del mismo, así como el cumplimiento de las normativas vigentes para este tipo de actividad dentro del área concesionada. Las novedades encontradas serán reportadas y notificadas al responsable.

Se debe prever los impactos que se puedan generar por las diferentes actividades y considerar que las sanciones en materia ambiental tienen una función preventiva, correctiva y compensatoria, para garantizar la efectividad de los principios y fines previstos en las normas sobre medio ambiente. Inicialmente, se debe determinar cuáles serán los indicadores ambientales por monitorear.

Como parte de las labores de gestión de residuos en el taller, se debe desarrollar un mecanismo de autocontrol y seguimiento, por medio del monitoreo periódico de la calidad del producto de reciclado (árido reciclado), que es ejecutado por el responsable en el taller, quien en coordinación con la empresa lleva a cabo, cuando lo considera necesario y por medio de laboratorios autorizados, realizar muestreo para evaluar la calidad.

El programa de monitoreo consiste en la verificación periódica de las medidas recomendadas, orientadas a vigilar el adecuado desarrollo ambiental y social del proyecto. Como resultado del programa se constata que existen medidas que no cumplen su cometido o resultan innecesarias, el plan es flexible y permite indicar nuevas acciones a tomar. Se mantiene un estricto y sistemático control y seguimiento de las actividades, de forma que se garantice (Alpízar and Flórez-Estrada, 2011)

1.5.3. Implementación. Caso de Cuba

En Cuba, no se reporta la realización de la implementación de un modelo de reciclaje de los RCD, pero si existen experiencias aisladas en el tema de la implantación del reciclado de los áridos como por ejemplo en el caso de la Habana se cuenta con dos plantas fijas de reciclaje, una que pertenece a la Oficina del Historiador situado 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 se encarga de procesar residuos de cerámica, mampostería y hormigón y la otra es la Planta de Reciclaje de Áridos "El Husillo", situada en las cercanías del Parque Metropolitano, que surgió como resultado de una donación mediante el Proyecto de Cooperación al Desarrollo entre Cuba y el País Vasco, entrando en funcionamiento en 1998; en la actualidad se está recapitalizando nuevamente (Ver anexo 6).

En el Taller Nacional de RCD, el primero de su tipo en Cuba que tuvo lugar en La Habana, abril de 2016 se dio conocer que se han incrementado las experiencias sobre el manejo de RCD en el país destacándose la de La Habana vieja, que según (Gutiérrez., 2016), la constructora "Puerto de Carenas", amplía la línea de reciclaje de RCD, a través de la implantación de un planta fija de reciclaje de RCD, un laboratorio de control de la calidad, una fábrica de bloques, lo que permite el incremento de la tasa de reciclaje de un 7 % en el 2006 a un 42 % en 2013, también se han generado otros beneficios a la sociedad que se refieren a continuación:

- ✓ Generación de 36 nuevos puestos de trabajo (10 % mujeres): Constructora "Puerto de Carenas" y Escuelas - Talleres de Oficios.
- ✓ Transferencia tecnológica.
- ✓ Incremento de niveles de productividad.
- ✓ Reducción de dependencia de la industria nacional.
- ✓ Rehabilitación de la Habana Vieja.
- ✓ Investigaciones del uso de nuevas materias primas en la producción de materiales.

En la provincia de Villa Clara, específicamente el municipio de Manicaragua se encuentra una planta fija, de pequeña escala, para reciclar desechos en la producción de materiales de construcción, los resultados son positivos y se logra reciclar casi la totalidad de desechos que se generan, la implementación de un modelo para el manejo integral de reciclaje de los RCD en esta planta será un paso más de la sociedad, en el seno de la actualización del modelo económico cubano.

1.5.4. Indicadores de efectividad en la implementación de un modelo de reciclaje

(Anzieta, 2004) considera los siguientes parámetros para evaluar el éxito de un proyecto de reciclaje:

- Nivel de participación.
- Volúmenes recuperados.
- Correcta separación.
- Estado de contenedores y sitio aledaño a contenedores.
- Relación comunidad (barrio) – recuperador.
- Relación comunidad (barrio) – municipalidad.
- Cumplimiento de compromisos (entrega de materiales, recolección oportuna de Materiales, acopio adecuado, registro y entrega de datos).
- Percepción de barrios colindantes con respecto al proyecto.
- Participación indirecta de barrios colindantes.

Durante el desarrollo del proyecto, en sus etapas evaluativa y de maduración, es fundamental registrar la evolución de las actividades y cambios de actitud en los participantes. Los indicadores: volúmenes recuperados, correcta separación y estado de los contenedores, generalmente son mejor observados por los recuperadores, quienes están en mayor contacto con los materiales. Por ello, es necesario que cuenten con capacitación previa en manejo de registros y cálculos.

El nivel de participación del barrio, escuelas o almacenes (dependiendo del modelo o sistema) es registrable con la asistencia a las distintas actividades, aporte de sus dirigentes, capacidad de auto gestionar reuniones, talleres, etc. El uso de

calendarios, boletas de recolección y venta, fotografías, etc., son otras herramientas para comprobar el cumplimiento de compromisos. Por otra parte, la percepción de los barrios colindantes y la participación indirecta de ellos, puede ser observada y registrada por los vecinos o bien empleando encuestas durante el seguimiento.

1.6. Normativas internacionales y nacionales sobre la gestión del reciclaje de RCD

En el mundo existen diversas normas que rigen el proceso para la gestión de los RCD, estas abordan temas muy diversos, unas hablan del reciclaje, otras de los áridos reciclados y de cómo tratar los residuos y otras son sobre el medio ambiente. Un ejemplo de estas normas por países es siguiente:

Brasil

- La estandarización de agregado reciclados en Brasil". el Universidade Estadual Paulista, Centro Universitario hacen Instituto Mauá de Tecnología, Universidade de Taubaté - 2004. (El Oliveira et al., 2004)
- 04NBR 15112/04 Residuos de la construcción civiles y los residuos voluminosos
- NBR 15113/04 Residuos sólidos de la construcción civil y los residuos inertes,
- NBR 15114/04 Residuos sólidos de la construcción civil y las áreas reciclando, Pautas de los basurales para el plan, aplicación y funcionamiento (el Esguícero et al., 2009)

Reino Unido

- "Reciclado de los agregados: Digiera 433"

Holanda

- 5905:1997 Agregados para el hormigón. Los materiales con una densidad de por lo menos 2000 kg/m

Alemania

- 4226-100 Agregados para el mortero y hormigón - Parte 100: Los agregados" reciclados
- 1045 - El hormigón. El código alemán para el plan de estructuras concretas.

Estados Unidos

- Las especificaciones de o para el hormigón con los agregados reciclados, en los materiales y estructuras.

Bélgica

- "Reciclaje en construcción y pérdida de la demolición en Bélgica: La situación real y "evolución del futuro. La demolición y reuso de hormigón y albañilería

Australia

- La Comunidad de naciones de Australia la Organización de la Investigación Científica e Industrial): la Guía al uso de hormigón reciclado y materiales de la albañilería.

Hong Kong

- "Especificaciones que facilitan el uso de agregados reciclados". el escritorio de trabajos WBTC 12/2002 Redondo Técnico. (Redondo, 2002)

En Cuba no se reportan normativas sobre la gestión del reciclaje de RCD, solo las que rigen el uso de áridos naturales y las ambientales (Ver anexo 7).

1.7. Conclusiones parciales del Capítulo I

1. El análisis de Clúster determina las 6 fases principales de los modelos para el manejo y reciclaje de los RCD agrupados en tres grupos de variables. El grupo I incluye las variables: Separación en origen y recogida selectiva, el transporte de los recursos, aprovechamiento de los RCD (Reutilizar), con 67, 67 y 56 % respectivamente, el grupo II la definición de residuos con 33 % y el

grupo III la generación y minimización de los residuos, aprovechamiento de los RCD (Reciclar y Reducir) con 78, 89 y 100 % respectivamente, constituyen los más representativos. Significa que a la hora de evaluar un modelo para la gestión integral de los residuos de construcción y demolición no se puede prescindir de estos elementos.

2. El sistema modelo sector comercial integrado para la implementación de un proyecto de reciclaje permite la participación de la entidad productiva y el gobierno (municipal) a la vez que resume de forma más precisa, los efectos asociados al proceso.
3. Existen normativas sobre la gestión del reciclaje de RCD principalmente en los países desarrollados, sin embargo en Cuba solo se norma el uso de áridos naturales.

Capítulo 2

Capítulo II. Caracterización del modelo de gestión integral del reciclaje de los RCD en el taller de Eco-materiales en Manicaragua

Este capítulo aborda los aspectos esenciales sobre la caracterización general del taller de Eco-materiales de Manicaragua, determinando además las principales deficiencias que presenta el mismo, así como la caracterización del área para el reciclado de residuos de construcción en la entidad.

2.1. Caracterización general del taller de eco-material de Manicaragua

El Taller de Eco-materiales de la Construcción pertenece a la Empresa Provincial de Construcción y Mantenimiento (EPCM) Agrupación 7 que está ubicado en la carretera Circunvalación, en el municipio Manicaragua de la provincia de Villa Clara, en región central de Cuba. Manicaragua se limita al norte con el municipio de Santa Clara, por el este Placetas y Fomento (municipios de la provincia de Sancti Espíritus), al sur con Trinidad (municipio de la provincia de Sancti Espíritus) y por el oeste con los municipios de Cumanayagua (municipio de la provincia de Cienfuegos) y Ranchuelo (municipio de la provincia de Villa Clara). Tiene un área de 1063,39 km², ocupando el primer lugar en extensión territorial de la provincia y el 19 en el país, con una densidad poblacional de 67,6 hab/km², inferior a la media provincial (96,1).



Figura 3. Mapa de la ubicación geográfica del municipio de Manicaragua

Misión:

Brindar servicios de construcción, producción, rehabilitación y comercialización de materiales de la construcción para satisfacer necesidades sociales, con calidad y eficiencia; encaminado a la satisfacción de las demandas del municipio; a través de la preparación, rentabilidad, seriedad y responsabilidad de nuestro capital humano, que contribuya al desarrollo de la industria de materiales de la construcción.

Visión:

Seremos líderes en la construcción, reparación, restauración y mantenimiento de obras sociales y viviendas, así como la producción de materiales de la construcción; con un personal técnico y de dirección preparado y comprometido con la política de gestión de la calidad; que amplíe nuestro mercado, al basarnos en la confianza, seriedad y responsabilidad de nuestra acción.

Objetivos para el año 2016

Perfeccionamiento Empresarial

1. Fortalecer el Funcionamiento del Consejo de Dirección de la Agrupación con una Evaluación Trimestral.
2. Lograr cambios en la organización interna de la empresa y su sistema de gestión empresarial.

Gestión Económica y control

1. Cumplir al 100 % los Indicadores de Eficiencia Económica Planificados para el 2015.
2. Consolidar la implementación de la Resolución 60 de la Contraloría General de la República de Cuba en sus 5 componentes con un alcance efectivo en todos los establecimientos de la Empresa

Cuadro

1. Fortalecer la preparación integral de los cuadros y reservas en función de una mayor eficacia.

Recursos Humanos

1. Cumplir los Indicadores de trabajo y Salarios Planificados.
2. Elevar la preparación integral de los trabajadores en función de las actividades que realizan y que el salario que se pague, este en correspondencia con los resultados de la Empresa.

Servicios de construcción, reparación y producción de materiales

1. Lograr una mayor objetividad en cuanto al cumplimiento de la Contratación y Ejecución de las Obras y el Plan Técnico Económico en Inversiones, Reparaciones, Rehabilitaciones y Conservación.
2. Lograr una producción local de materiales, que garantice el funcionamiento eficiente de la empresa, descargar el suministro centralizado de los recursos planificados y lograr un excedente a disposición del CAP, asegurando su

sostenibilidad, aportando significativamente a la autarquía de los municipios y como apoyo para elevar la residencia habitacional.

Mecanización

1. Disminución del Índice de Portadores Energético, logrando eficiencia en la productividad de cada vehículo, elevando la Disponibilidad Técnica y mantenimiento de los mismos en la Agrupación.

Comedores obreros

1. Lograr mantener la calidad del servicio de nuestro Comedor Obrero y manteniéndolo con ganancias durante todo el año.

Atención a la Población

1. Continuar mejorando los indicadores claves que inciden en la satisfacción de la población.

El taller cuenta con un total de 14 trabajadores, Cuya composición se relaciona a continuación: un Jefe de Brigada, 2 operarios para los molinos, 5 trabajadores para la operación de máquinas de bloques, 1 técnico de la calidad, 5 trabajadores para la producción de otros materiales (vigas, tabletas, lavaderos, tanques de agua, celosía y balaustres).

Producciones diversificadas

En el taller se realizan diferentes actividades de producción de materiales, como son los siguientes:

1. Bloques de (10 · 20 · 40) cm (productos fundamentales del taller).
2. Vigas de hormigón de 3,2 m hasta 4 m de longitud, de sección I de 15 cm de peralte, de 0,12 a 0,14 m de ala y 0,10 m de alma.
3. Tabletillas de techo de (0,6 · 0,3 · 0,03) m y de (0,88 · 0,59 · 0,04) m.
4. Balaustres redondos de 0,5 m y 0,75 m de altura.
5. Celosías de hormigón.
6. Tejas de micro concreto TMC.
7. Losas hexagonales.

8. Mesetas de hormigón de $(1,5 \cdot 0,6 \cdot 0,05)$ m.
9. Tanques de agua de 1100 L.
10. Lavaderos
11. Fregaderos
12. Postes para cercas.

En la Figura 4 se observan los productos fabricados en el Taller.



Figura 4. Fotos de las producciones del taller

2.1.3. Producción diaria

El bloque de 10 cm, es el producto de mayor demanda en el mercado, en el caso de las producciones de bloque de 15 cm tiene un producción limitado, por deterioro de los moldes. Se fabrican diariamente 540 bloques, 30 metros lineales de vigas de hormigón, 100 tabletas de techo (50 de cada tipo), 18 balaustres (por falta de moldes), 150 celosías de hormigón, 150 tejas de microcemento (TMC), 100 losas hexagonales, 10 mesetas de hormigón, 5 lavaderos y 4 fregaderos.

En la Tabla 3 se muestran los gastos de salario, de materiales, de transporte, de energía y los gastos indirectos de los distintos productos que se fabrican en el Taller.

Tabla 4. Gasto de producción de los materiales

Productos	UM	Gastos (\$) de:					Total
		Salario	Material	Transporte	Energía	Indirecto	
Bloques de 10	U	0,1133	0,2855	0,1778	0,0321	0,1039	0,7126
Bloques de 15	U	0,1691	0,3522	0,2186	0,0215	0,1551	0,9165
TMC	U	0,4092	0,1112	0,0494	-	0,2832	0,8530
Tanques	U	60,3617	65,8181	31,6776	-	41,7600	199,62
Lavadero	U	20,4674	1,7586	0,9303	-	14,1600	37,316
Celosías Yee	U	0,8604	0,2675	0,1398	-	0,5952	1,8629
Balaustres	U	2,5585	0,7505	0,2012	-	1,7700	5,2802
CP-40	kg	0,1207	0,1492	0,0236	-	0,0835	0,3770
Vigas de Hormigón	m	0,5861	1,8249	0,4458	-	0,5373	3,3941
Terrazo (Mesetas)	m ²	14,7643	10,0288	2,0279	-	13,5341	40,356

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en el Taller

Se observa que los productos con mayor precio son los tanques y los terrazos, que es debido al alto costo de materiales para la elaboración de los mismos así como los salarios, los CP-40 y TMC son los productos con los menores precios en el taller.

2.1.4. Descripción de la tecnología del Taller

La Tabla 4 muestra las maquinarias e implementos con los que cuenta el Taller de Eco-materiales de Manicaragua, el rendimiento de las mismas en una jornada de trabajo y el consumo de energía en kW/h.

Tabla 5. Maquinarias e implementos del Taller de Eco-materiales

Tipo de Máquina e implemento	Consumo	Rendimiento en 8 h de Trabajo
Máquina de tejas tevis	1,2 kW/h	140 tejas/ 8h
Máquina de bloques	3,5 kW/h	900 bloques/8h
Molino de mandíbula	5,5 kW/h	3 m ³ /8h
Molino de martillos	5,5kW/h	4 m ³ /8h
Molino de bolas	6 kW/h	600 kg/8h

Moldes para Vigas de Hormigón		36 ml/8h
Moldes para Tablet as (0,60·0,30·0,03) m		150 U/8h
Moldes para Tablet as (0,88·0,59·0,04) m		100 U/8h
Moldes para Celosía		132 U/8h
Moldes para Balaustres		12 U/8h
Moldes para Tanques de 1100 L		2 U/8h

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 5 muestra el diagrama de flujo sobre el proceso de producción en el taller en el que se observan los elementos de entrada y salida del área de reciclaje de los RCD.

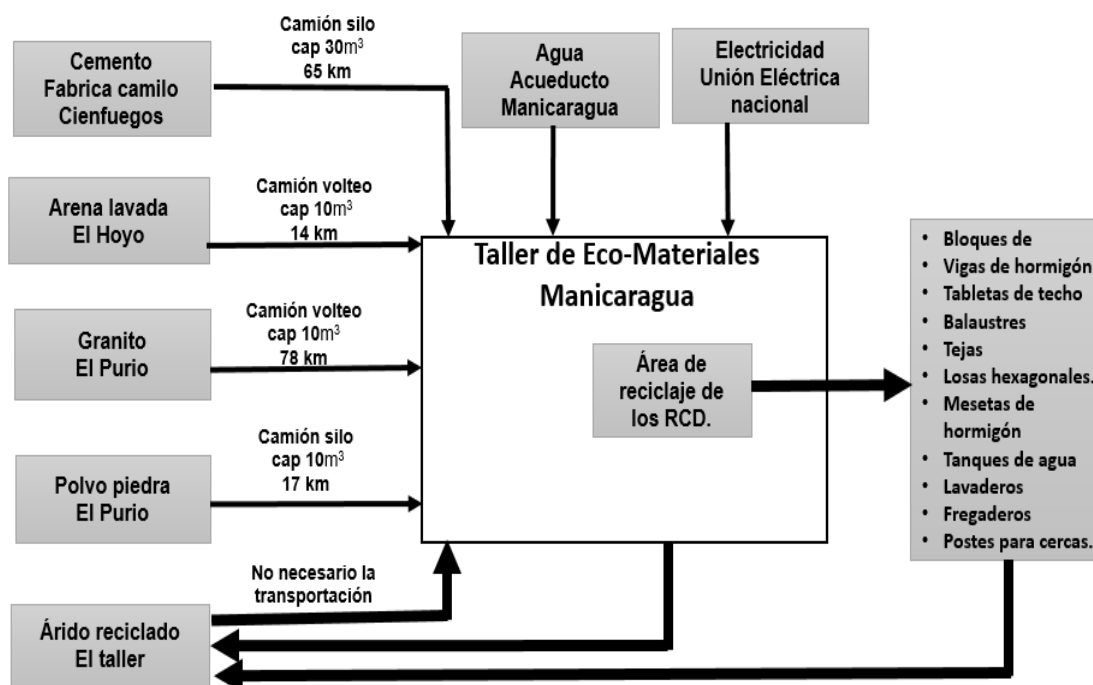


Figura 5. Diagrama del proceso

Según (Rodríguez, 2015) a partir de una entrevista realizada por un grupo de expertos de la Empresa de Mantenimiento Constructivo de Manicaragua, se pudo valorar que existen las deficiencias siguientes:

1. No se cuenta con los útiles y herramientas necesarios para la ejecución de las actividades productivas.

2. Insuficiente motivación de los trabajadores, existe inconformidad con los sistemas de pagos vigentes.
3. Los recursos entregados por los proveedores (ocasionalmente) no reúnen la calidad para el cumplimiento del objeto para los cuales están concebidos.
4. Los recursos asignados para el cumplimiento de los planes son entregados con déficit y retraso por parte de los proveedores.
5. Deficiente atención al hombre (alimentación, ropa, calzado, etc.).
6. Utilización de medios artesanales para la fundición de varios renglones elaborados en el taller.
7. Insuficientes tecnología absoluta del equipamiento del taller.
8. No se hacen asiduamente prueba de muestra a los hormigones por no existir probetas de ensayo.
9. Respaldo insuficiente por parte de los suministradores.
10. La producción de materiales no satisface la necesidad de la población.
11. El taller no posee medios técnicos para la transportación de materiales que humanicen el trabajo.
12. Dificultades en el aseguramiento de la transportación y combustible para el acarreo de piedras de potrero.

Con el objetivo de una correcta gestión de los residuos de construcción orientados desde su origen hacia los procesos de reciclaje fomentando el consumo de áridos reciclados, que hace más de 10 años se apertura el área para el reciclado de residuos de la construcción en el taller de eco-materiales en Manicaragua.

2.2. Caracterización del área para el reciclado de residuos de construcción en el taller de Eco-materiales de Manicaragua

El área de reciclado cuenta con una planta fija compuesta por un molino de martillos y un remolador de mandíbulas los cuales posibilitan la obtención del árido fino y árido grueso respectivamente, para la fabricación de todos los productos que se producen en el taller. Estos equipos son operados por dos obreros, los que cuentan con experiencia en esta actividad. A continuación se brinda la descripción técnica de los dos equipos que conforman el área de reciclado:

Características de molino de mandíbula

Se trata de un equipo específico para el reciclaje de RCD, demolición, asfalto y rocas naturales.

- Producto final: Polvo de piedra
- Producción: 3 m³/8h
- Potencia: 5,5 kW/h

Opcionales incluidos en el equipo: un colador de arena que actúa como una criba

Características de molino de martillos

Es un equipo específico para el reciclaje de RCD, demolición, asfalto y rocas naturales.

- Producto final: árido grueso y árido fino
- Producción: 4 m³/8h
- Potencia: 5,5 kW/h

Opcionales incluidos en el equipo: N/A

Los residuos de la construcción que se obtienen en el taller son reciclados en su totalidad y utilizados en las producciones de los elementos del taller, reportándose los mismos parámetros de calidad de los productos fabricados con árido natural.

Según entrevista realizada a los operarios de este parte del taller, (Ver anexo 8) se presentan las siguientes deficiencias en el área de reciclado:

En esta parte del proceso se presenta inestabilidad en la entrada de materia prima por no existir un programa en cuando la recolección de los productos defectuosos, y el mínimo o casi la falta de RCD dado que en este momento no se hace la recolección de mismo desde otros lugares, también carece de atención en el aseguramiento de la transportación y combustible para el acarreo de los materiales, y la deficiente atención al hombre en cuando a la ropas aptas para el trabajo.

1. Las maquinarias tienen más de 10 años de explotación y cuentan con pocas piezas de repuesto en caso de que se rompan.
2. No se planifica la recogida de los residuos (las piedras de potreros, producción defectuosa del taller y residuos del MINCIN), lo que incide en la obtención del árido reciclado.
3. Los dos operarios ejecutan el proceso de forma manual.
4. Insuficiente motivación de los trabajadores, existe inconformidad con el sistema de pago vigente.
5. No se hace la adecuada limpieza a las materias primas que esta generalmente cubierta por polvo.
6. Los operarios no cuentan con el vestuario adecuado para la ejecución de las actividades, presentan riesgo para la salud.
7. Deficiente atención al hombre (alimentación, ropa, etc.).
8. No se realiza la separación adecuada del residuo de la construcción y la piedra de potrero.
9. No existe un almacén para acopiar los residuos de la construcción.
10. Insuficiente gestión del proceso de reciclaje de áridos.
11. Ausencia de medios de protección (guantes, máscara contra polvo, espejuelos contra impactos entre otros)

2.3. Aplicación del modelo para la gestión del reciclaje de los RCD en el taller

En este epígrafe se realiza una validación del modelo propuesto por (Dominguez, 2016) en el taller Eco-materiales de Manicaragua. Para ello se aplican las fases descritas por la autora.

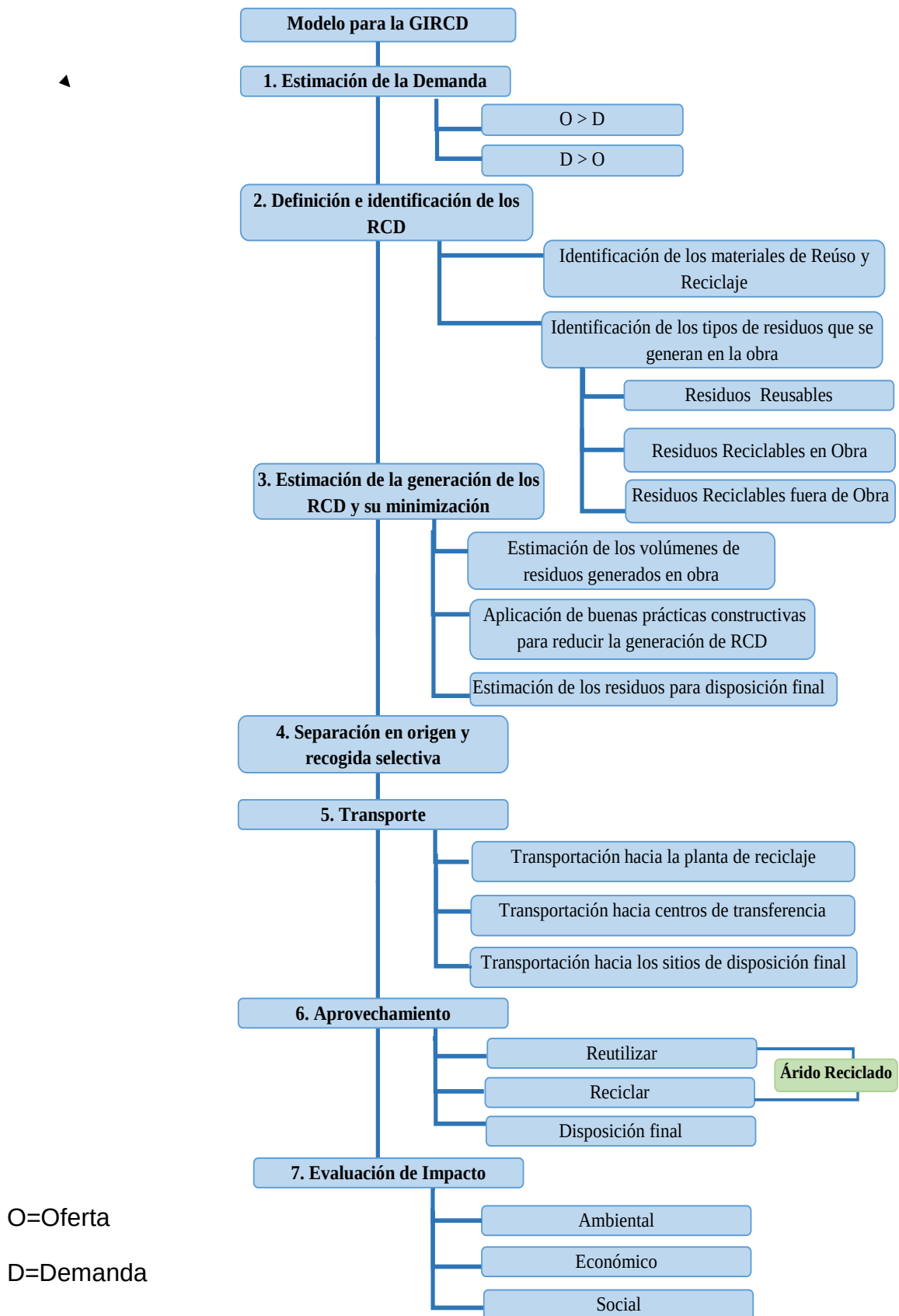


Figura 6. Modelo para la gestión integral para el reciclaje de los RCD propuesto por (Dominguez, 2016)

2.3.1. Estimación de la demanda

Se entiende por la demanda de un producto determinado como el volumen total que sería adquirido de dicho producto, por un grupo de compradores determinado, en un lugar y período de tiempo fijados y en unas condiciones del entorno y esfuerzo comercial dados.

El taller planifica la producción de bloques de 180 000 u/a con árido natural, lo cual compone la demanda de ese producto, pero solo se logra fabricar 75 280 u/a. mientras la producción de bloques con áridos reciclados, asciende a los 68 964 bloques anuales, por lo que se puede apreciar, el taller no logra satisfacer la demanda de bloques, ni teniendo en cuenta la utilización adicional del producto alternativo, árido reciclado, pues la oferta depende de los recursos de que dispone, aunque se logra atenuar la situación anterior y aliviar de cierta manera la demanda insatisfecha de la entidad que tiene por objeto social la producción de bloques para la venta a la población a través del MINCIN.

2.3.2. Definición e identificación RCD (fracciones valorizables) contenidas en los residuos de construcción y demolición

En la unidad de recuperación de los RCD, solo se procesan los desechos de hormigón, los materiales principales utilizados para el reciclado de RCD en el taller son los productos defectuosos del proceso de producción y los que sufren daños durante el izaje y la transportación, entre los que se encuentran las piezas de cualquiera de sus producciones y que no se pueden comercializar, también se utiliza la piedra potrero y el árido de las canteras.

El cálculo del indicador de reúso, reciclaje y disposición final se realiza por la Ecuación (1). Sustituyendo los valores de la Tabla 5 se determina el volumen total de los residuos generados solo en la obra que para este caso serían los residuos del proceso productivo del taller y las piedras naturales extraídas (piedra de potrero).

$$RU = 600 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$Rca = 292 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$D = 0$$

$$T_{RCDs} = 600 + 292 = 892 \text{ m}^3/\text{año}$$

Por lo que el volumen de residuos será de 892 m³/año

2.3.3. Estimación de la generación de los RCD y su minimización

En el municipio de Manicaragua se está trabajando en el reciclaje de los residuos de la construcción y demolición, aunque en este último no se tiene experiencia alguna de su recogida.

En la Tabla 5 se muestran las cantidades estimadas de residuos, de acuerdo a las fuentes de suministro existentes en el taller.

Tabla 6. Estimación del potencial anual de residuos de construcción en Manicaragua

Concepto	Cantidad (m ³)	Tipo RCD
Residuos del proceso productivo del taller	600	RU
Residuos del MINCIN ³	360	RU
Piedras naturales extraídas	292	Rca
Escombros generados	-	Rco
Total	1252	

Fuente: (Gaspar, 2015)

En cuanto a los Escombros no se tiene ninguna información referente al volumen existente y a su generación promedio, pues nunca han sido recogidos en el municipio.

El indicador de reducción para esta fase es una comparación de la disminución en la cantidad total de los residuos en el taller con obras similares. El cálculo de este indicador para este taller no se podrá calcular pues este taller es el único en Manicaragua.

³ MINCIN = Ministerio de Comercio Interior

En esta fase también se hace referencia a la aplicación de buenas prácticas para reducir la generación de RCD y el incremento en el empleo de materiales que se pueden reciclar.

Aplicación de buenas prácticas constructivas para reducir la generación de RCD

Para la gestión integral de los residuos en el taller, es necesaria la minimización de la generación de los mismos, mediante prácticas, como las que se describen de manera siguiente:

- Comprobar que transcurre el tiempo de secado indicado por el fabricante de los bloques y que no se utilizan procedimientos artificiales de secado. Así se evitan desprendimientos por mala calidad y, por tanto, la proliferación de residuos.
- Calidad de los materiales. El empleo de maquinarias de producción permite una buena calidad probada y constante de los materiales que son determinados, dosificados y controlados. Dichos procedimientos dan como resultado materiales de mayor resistencia ajustando los métodos constructivos.
- Implementar acciones correctivas y oportunidades de mejora, mediante el seguimiento de indicadores.

2.3.4. Separación en origen y recogida selectiva

Los residuos de construcción constituidos generalmente por el hormigón son los que se procesan en esta unidad de recuperación, por tanto la separación del mismo se hace manual, se separan las piezas de tamaño mayor a los de tamaño menor.

Los que se acumulan en el patio de venta de materiales a la población del MINCIN son recogidas cada 3 o 4 días obteniéndose un volumen aproximado de 2,5 m³. También se reciben áridos provenientes de las canteras Armando Mestre (El Purio)

en Encrucijada y/o Raúl Cepero Bonilla (Palenque) en Camajuani junto con la misma piedra potrero y los productos defectuosos del taller, se recogen y se agrupan según sus tamaños (Ver Figura 6).



Figura 7. Disposición de materiales defectuosos y grava para el reciclado de áridos

El porcentaje de residuo separado de hormigón y de las piedras de potrero se calcula por la Ecuación (3). La cantidad de residuos de hormigón = $600 \text{ m}^3/\text{año}$ y la cantidad total de residuos generados en la obra = $892 \text{ m}^3/\text{año}$ por lo que el % Residuos separado $\approx 67 \%$. La cantidad de residuos de piedras = $292 \text{ m}^3/\text{año}$ y la cantidad total de residuos generados en la obra = $892 \text{ m}^3/\text{año}$ por lo que el % Residuos separado $\approx 33 \%$.

2.3.5. El transporte (o almacenamiento) de los residuos previamente seleccionados

Se transporta la piedra de potrero y el árido desde las canteras, y para ello se utiliza un camión de volteo con capacidad de 10 m^3 , equivalente a \$ 2,80 por cada kilómetro recorrido. Los residuos de la construcción no tienen gastos de transportación pues

son los productos defectuosos que se obtienen en el proceso productivo del propio taller.

2.3.6. Aprovechamiento de los residuos mediante el reciclaje

Los RCD son cargados utilizando un cubo metálico, primeramente se vierten en el molino de mandíbula (Ver Figura 7 (a)) donde son triturados durante unos minutos dependiendo del volumen cargado, los productos salientes son pasados por un tamiz que realiza un cribado y a este salen dos productos, la fracción ligera (polvo de piedra) y fracción pesada (árido grueso).

Posteriormente se carga el molino de martillos, con la fracción pesada obtenida anteriormente y que todavía le hace falta triturar, también es utiliza RCD directamente, que son procesados y se obtiene el árido fino (Ver Figura 7 (b)).

El reciclado de RU es realizado una vez a la semana dependiendo de la acumulación de los desechos defectuosos y la demanda de áridos en el taller.

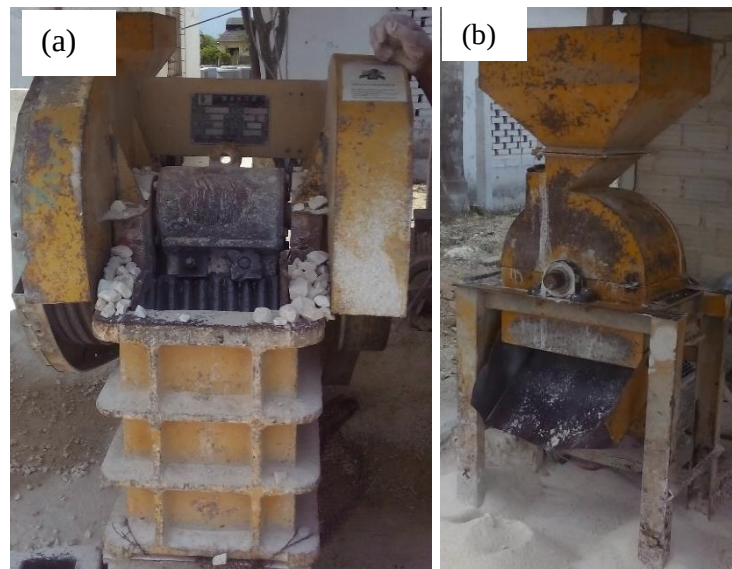


Figura 8. Foto de la planta, (a) molino de mandíbula, (b) molino de martillos

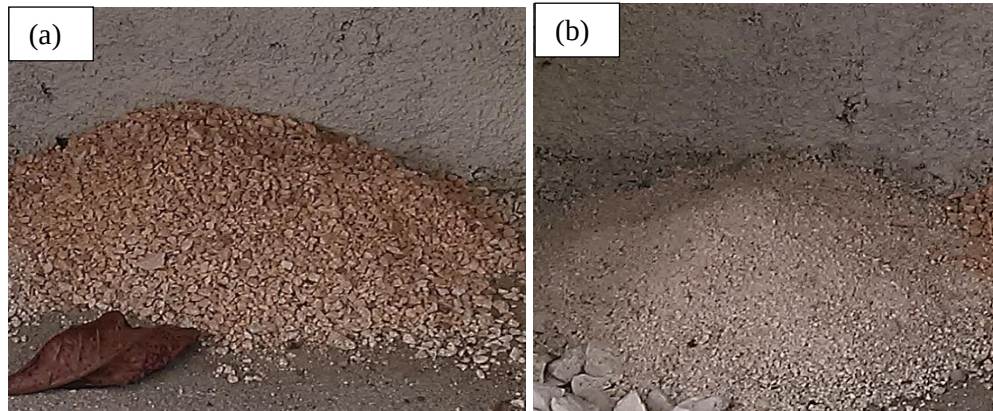


Figura 9. Imágenes del árido reciclado, (a) grueso obtenido en el molino de mandíbula, (b) fino obtenido en el molino de martillos

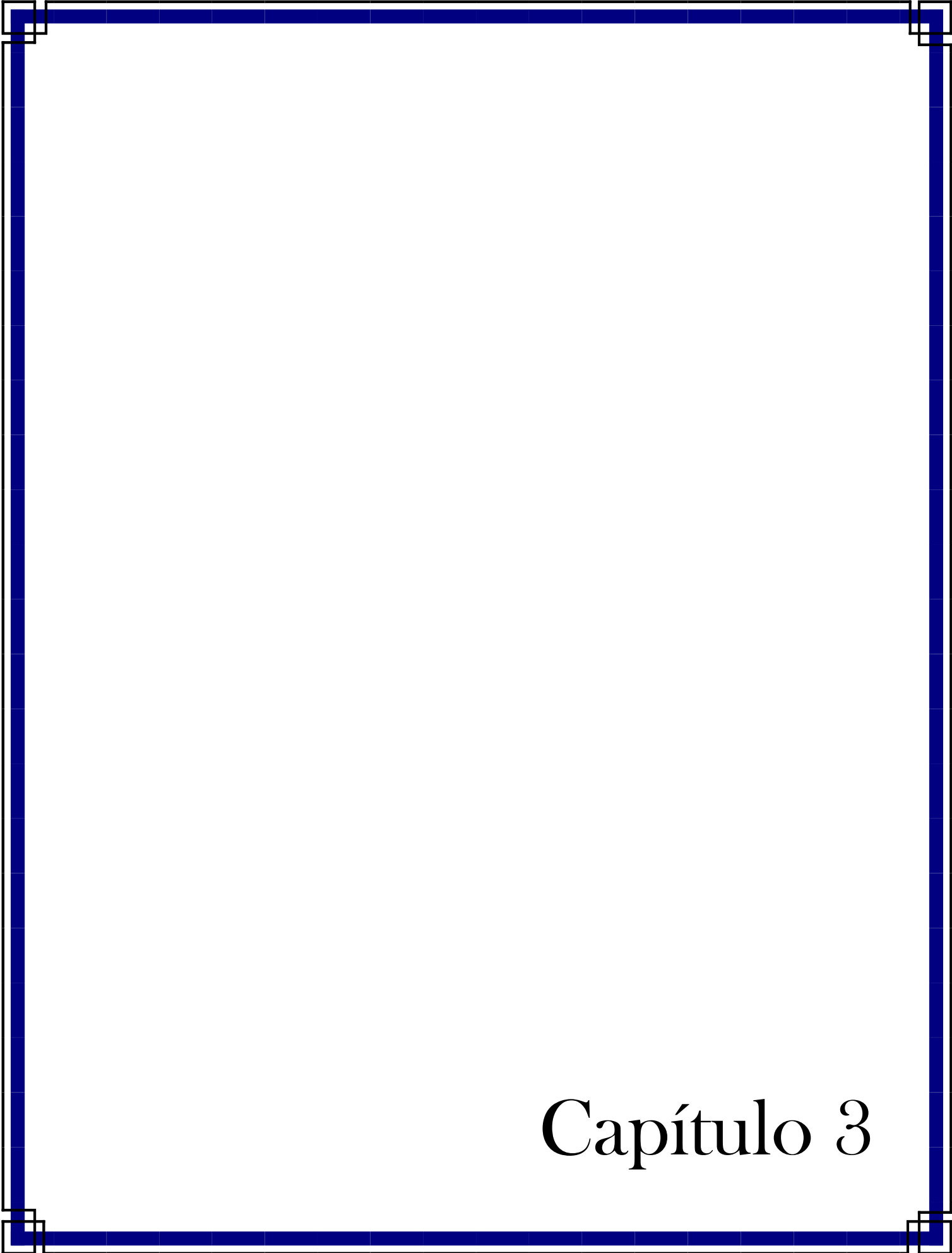
El porcentaje de residuo reciclado calculado por la ecuación (5) es del 100 % debido a que se reciclan todos los residuos que se generan en el taller así como los que se traen del potrero.

2.3.7. Disposición Final

Se calcula por la Ecuación (5) y para este taller será cero dado que el material total de residuos generados y recibidos es la misma cantidad de residuos aprovechados.

2.4. Conclusiones Parciales del Capítulo II

1. El taller de eco-materiales de Manicaragua posee las condiciones técnicas y la experiencia necesaria para la aplicación de un modelo de gestión integral de RCD.
2. La aplicación del modelo propuesto en el taller de eco-materiales de Manicaragua según las fases propuestas por (Dominguez, 2016) permite la gestión de los RCD de forma integral.



Capítulo 3

Capítulo III: Implementación del modelo para la gestión integral del reciclaje de los RCD en el taller de Eco-materiales de Manicaragua

En este capítulo se propone la implementación del modelo de gestión integral para el reciclaje de los RCD descrito en el Capítulo II, que aborda los aspectos fundamentales del ciclo de vida

3.1. Implementación del diseño de modelo para la gestión integral del reciclaje de los RCD a escala municipal. Caso Manicaragua

Para la implementación del modelo para la gestión del reciclaje de RCD, se considera el sistema de aplicación conocido como Modelo sector integrado como el que más se ajusta al caso del taller de Eco materiales, y se efectuará a partir de adaptación de los pasos propuestos por (Anzieta, 2004).

Este Modelo sector integrado propone el uso de la encuesta como herramienta para validar los pasos de esta implementación. La encuesta se aplica a los expertos en el taller de Eco-materiales en Manicaragua donde también existe un área de reciclaje de los residuos de construcción. Este grupo está formado por el director de taller, técnico de la calidad, jefa de economía, entre otros directivos, que son considerados expertos por poseer más experiencia y tener mayor dominio del proceso de reciclado y participar en la toma de decisiones de la entidad.

3.2. Diseño de la encuesta

La metodología del estudio incluye una amplia revisión bibliográfica tanto conceptual como metodológica que contribuye al logro de los objetivos específicos propuestos inicialmente, así como estudios empíricos tanto de carácter cualitativo como cuantitativo y utilización de programas y técnicas estadísticas que nos permitan contrastar científicamente la hipótesis de partida. Este epígrafe se centra en el diseño del cuestionario a partir de la utilización de fuentes secundarias de investigación y de fuentes primarias resultado de la utilización de técnicas cualitativas

como observación, entrevista a profundidad, dinámicas de grupo y el criterio de los expertos.

El tipo de muestreo empleado en este trabajo es el intencional que es un muestreo no probabilístico válido para la recolección de datos, en especial para muestras pequeñas y muy específicas. Se basa en seleccionar casos típicos del universo según criterios de los expertos.

La muestra está dirigida a un conjunto de personas representativas del total de la población, por lo que se selecciona una muestra intencional de 8 expertos a encuestar, a través de la expresión que se muestra en la Tabla 7.

La cantidad de expertos que se selecciona es calculada utilizando la expresión basada en el modelo binomial:

$$M = \frac{K(1-p)p}{i^2} \quad (7)$$

Tabla 7. Ficha técnica de la aplicación del método de expertos

Número de expertos	M	8
Nivel de confianza	1-a	0,99
Parámetro que depende del nivel de significación	K	6,6564
Proporción del error que como máximo se tolerará en el juicio de los expertos	p	0,02
Nivel de precisión que expresa la discrepancia o variabilidad del grupo	I	0,13

Fuente: Elaboración propia

Sustituyendo en la Ecuación (7):

$$M = \frac{6,6564(1-0,02)0,02}{0,13^2} = 8$$

La encuesta fue diseñada a partir de la revisión bibliográfica y se tienen en cuenta los objetivos del estudio a realizar, con un encabezamiento que hace una breve referencia a los mismos, logrando de este modo motivar los encuestados. Dicha herramienta consta de diez preguntas, (Ver Anexo 9)

La primera interrogante es una pregunta en la cual se busca el conocimiento de que en el taller se producen los residuos de la construcción y para esto se utiliza una pregunta dicotómica o de dos opciones.

La segunda trata de medir la frecuencia con que se aprovechan los residuos para otras actividades, siendo una pregunta de opción múltiple, cerrada con 4 opciones (siempre, frecuentemente, algunas veces y nunca).

La tercera interrogante busca conocer si los encuestados dominan los conceptos de trabajo por el que se aprovechan los residuos, es de 4 opciones expresada como sigue: Reutilización (residuos de bloques de concreto), reciclaje en la obra (RCD), reciclaje fuera de la obra (piedra de potrero y materiales pétreos), disposición final (materiales sobrantes que no se aprovechan).

En la cuarta se realiza la valoración por parte de los encuestados que establecen el orden numérico según sus experiencias de los conceptos por lo que se aprovechan los residuos en el taller, siendo el número uno el residuo más utilizado y el cuatro el menos, con las cuatro opciones correspondientes e idénticas a las del pregunta tres.

En la quinta pregunta se pretende conocer la estimación de los volúmenes en porciento de residuos que se generan mensualmente en el taller utilizándose para ello opciones de: menos de 10 %, 10-20 %, 20- 30 %, 30 - 40 % y más de 40 %.

La sexta pregunta es abierta y pretende lograr que los expertos recomienden las prácticas que deben realizarse en el taller para el mayor aprovechamiento de los residuos.

La séptima pregunta del cuestionario está referida a la consideración de los expertos en cuanto a la transportación de los residuos y consta de dos opciones.

Para confeccionar la pregunta ocho se tuvieron en cuenta los criterios de los expertos en el destino que se le da a los materiales que se desechan.

La novena interrogante intenta conocer la necesidad de capacitación de los trabajadores en cuanto al proceso del reciclado, y consta de dos opciones.

La pregunta diez es abierta y le da la oportunidad al encuestado de expresar sus sugerencias sobre la necesidad de dar seguimiento al proceso del reciclado de RCD en el taller.

Por último se piden los datos del encuestado como son el sexo y el grupo de edad.

3.3. Análisis de los resultados de la encuesta

Los resultados del estudio se obtuvieron tras procesar, con el software estadístico SPSS 22.0 p/Windows, la base de datos obtenida de la aplicación de la encuesta.

De las ocho encuestas planificadas se pudo procesar el ciento por ciento. Al cuestionario realizado se le aplica el *Alfa de Cronbach* para conocer la fiabilidad del mismo. La fiabilidad trata de asegurar que el proceso de medida de un determinado objeto o elemento en el que se utiliza la escala esté libre de error aleatorio, o lo que es lo mismo, que el valor generado por la escala sea consistente y estable. Mientras que la validez trata de asegurar que lo que se está midiendo sea verdaderamente lo que se pretende medir, la fiabilidad pretende que lo que se está midiendo, sea lo que sea, se haga de forma consistente.

3.3.1. Coeficiente Alpha de Cronbach

El grado de fiabilidad exigido, reflejado en el *Alpha de Cronbach*, varía en función del tipo de estudio. Así en los estudios exploratorios, se exige que este alcance un valor del 0.6, mientras que en el resto de los estudios se considera a una escala fiable si el *Alpha de Cronbach* se sitúa entre 0.8 y 0.9 (Vernette, 1995). Ver Tabla 8.

Tabla 8. Valor del *Alfa de Cronbach* para el cuestionario

Encuesta	Alpha de Cronbach
Cuestionario aplicado en la investigación.	0,605

Fuente: Elaboración Propia.

Tras haberse aplicado las encuestas y los datos haberlos procesados por el SPSS v.15 p/w. se pudo constatar que el método del *Alpha de Cronbach* para comprobar la fiabilidad del estudio se obtuvo en un 0,605 grado de fiabilidad, lo que representa una escala fiable para la investigación.

3.3.2. La prueba de Friedman

Se aplica el *test de Friedman* para mostrar que existen diferencias entre los conceptos de aprovechamiento de los residuos en el taller.

Esta prueba muestra el rango de los conceptos en que se aprovechan los residuos. Mientras menor sea el rango de la prueba de Friedman, mayor utilización posee y viceversa .Ver la Tabla 9.

Tabla 9. Rango de la prueba de Friedman para el cuestionario

Concepto de aprovechamiento	Rango
Reutilización (residuos de bloques de concreto)	1,50
Reciclaje en la obra (RCD)	3,50
Reciclaje fuera de la obra (piedra de potrero y materiales Qpétreos)	1,75
Disposición final (materiales que no se aprovechan)	3,25
N	8
Chi-cuadrado	153
GI	
Sig. Asíntot.	0,002

Fuente: Elaboración Propia.

La técnica refiere a través de sus hipótesis lo siguiente:

H_0 : No hay diferencias significativas en las medias de los grupos.

H_1 : Hay diferencias significativas en las medias de los grupos.

Si la probabilidad (0,002) es menor que el nivel de significación (0,05) se rechaza la hipótesis nula por lo que podemos decir que existen diferencias en los conceptos de aprovechamiento de los residuos.

Las preguntas de la encuesta fueron formuladas en función de las fases del modelo así como de las etapas de la implementación. La Tabla 10, muestra las preguntas en correspondencia a los pasos propuestos por (Anzieta, 2004), adaptados al taller, por tanto el análisis de los datos a través de las respuestas de la encuesta fundamentan la implementación del modelo para la gestión integral del proceso de reciclado de RCD en el mismo.

Tabla 10. La relación de pasos de la implementación con las preguntas de la encuestas

Pasos de la implementación	Preguntas correspondientes de la encuesta
1. Capacitación e información	9
2. Determinación del impacto y factibilidad del Modelo	No se realizó ninguna pregunta en función de esta fase
3. Definición e identificación de los RCD	1
4. Aprovechamiento de los RCD	2,3,4,6,
5. Seguimiento	10

Fuente: Elaboración Propia

3.4. Validación de los pasos para la implementación del modelo de gestión de los RCD

Para introducir los datos recogidos mediante la encuesta, en el paquete estadístico, se realiza previamente una tabulación de las variables y a continuación se presentan los siguientes resultados del procesamiento y análisis de la información en base al modelo y los pasos de la implementación:

3.4.1. Capacitación e información

De acuerdo al resultado de la encuesta el 100 % de los encuestados consideran necesaria la capacitación de los trabajadores en cuanto al proceso del reciclado de los residuos de la construcción, lo que no se realiza actualmente (Ver Tabla 11).

Tabla 11. Necesidad de capacitación de los trabajadores en el taller

Necesidad	Frecuencia Absoluta	Por ciento
Si	8	100
No	0	0
Total	8	100

Fuente: Elaboración Propia.

La capacitación de los trabajadores en torno al proceso de reciclado de los RCD en el taller, se puede lograr aplicando técnicas y métodos que proporcionan conocimientos básicos, las cuales pueden ser:

- Seminarios y/o conferencias dado por expertos en el reciclaje invitados o propios del taller.
- La programación de charlas diarias al inicio de cada día, para los trabajadores, con el fin de motivarlos y concientizarlos acerca de los beneficios que representa el reciclado de los áridos.

3.4.2. Determinación del impacto y factibilidad del Modelo

Siempre que se propone una nueva inversión, es imprescindible el estudio de la factibilidad del mismo. Este modelo se implementa en base a una planta ya existente que no lleva una nueva inversión.

Como en el taller solo se aprovechan los residuos del proceso productivo en el taller (Ru) y se recicla la piedra de potrero (Rca), con los dos molinos existentes es suficiente para lograr la funcionabilidad del área de reciclaje actual, en caso de que el taller inicie la recolección y aprovechamiento de los Rco desde el municipio u otros municipios, será entonces necesario el estudio de la factibilidad para la inversión, que ya fue realizado por (Gaspar, 2015).

El estudio de impacto se ha realizado por (Rodríguez, 2015) mediante el uso de la herramienta de análisis del ciclo de vida y ha reflejado específicamente impactos en los bloques producidos en el taller.

La evaluación de los impactos se realiza a través de la herramienta del Análisis de Ciclo de Vida (ACV), que permite conocer los impactos ambientales, económicos y sociales, lo que se llevó a cabo en el proceso específico de la producción de bloques de hormigón de 10 cm y de 15 cm con árido natural (AN) y árido reciclado (AR) fabricados en el Taller de Eco-materiales de Manicaragua.

En la Figura 9 se muestran las categorías que se tienen en cuenta por cada tipo de impacto, reflejando además que el ACV de los bloques, expuesto de forma integral, evidencia las tres dimensiones del problema en cuestión, a partir del Análisis de Ciclo de vida (ACV) Ambiental, Análisis de Costos Ciclo de Vida (CCV) y Análisis de Ciclo de Vida (ACV) Social.

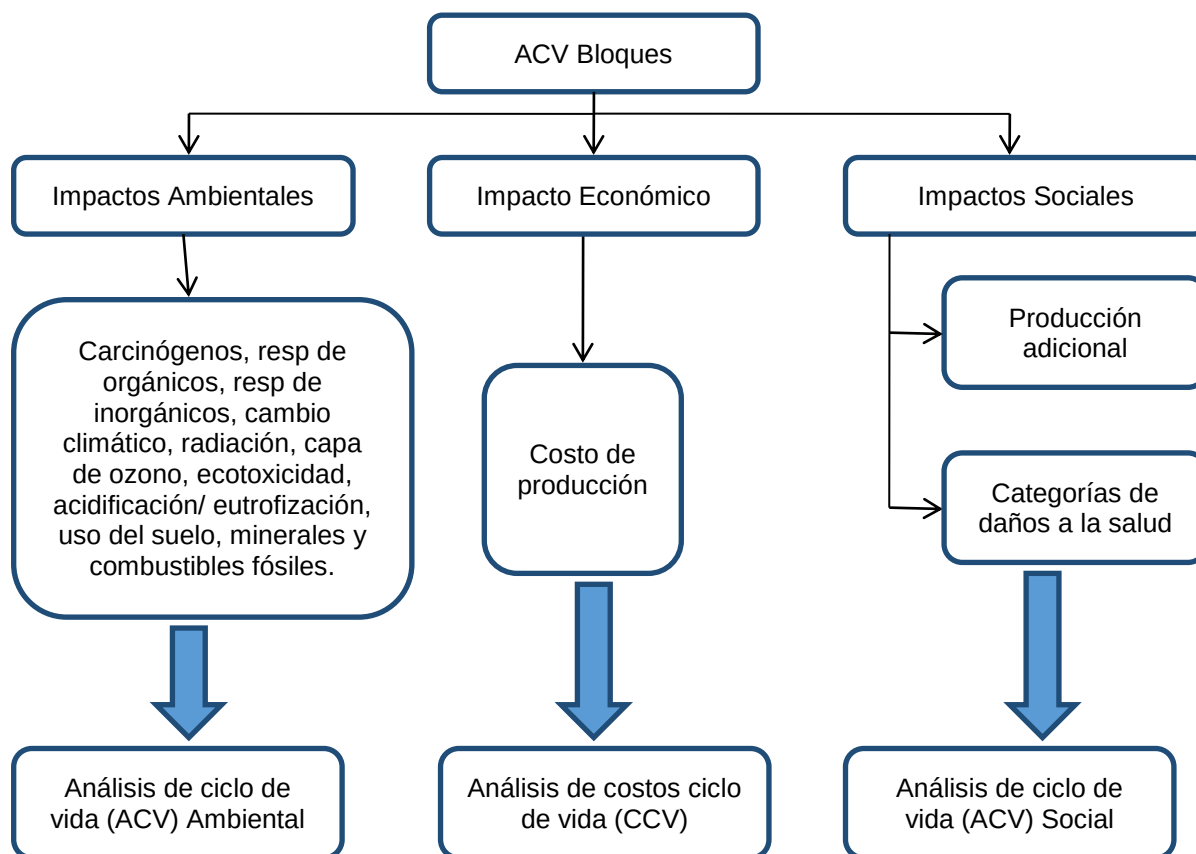


Figura 10. Análisis de ciclo de vida de los bloques Fuente:(Rodríguez, 2015)

3.4.3. Definición e identificación de los RCD

El 100 % de los expertos han confirmado que tienen el conocimiento de que en el taller se generan los residuos de la construcción (Ver Tabla 12)

Tabla 12. Conocimiento de la generación de los residuos de la construcción en el taller

Conocimiento	Frecuencia Absoluta	Por ciento
Si	8	100
No	0	0
Total	8	100

Fuente: Elaboración Propia.

Se identifican los residuos que se aprovechan en el taller según el modelo como son: residuos de proceso productivo del taller (Ru), correspondientes a los residuos propios del taller, que se refiere a los productos defectuosos o dañados mediante la

elaboración de los mismos, y los residuos reciclables fuera de la obra (Rca), dentro de los cuales se encuentra la piedra del potrero.

3.4.4. Aprovechamiento de los RCD

Con el análisis de la pregunta dos se obtuvo la información referente a la que frecuencia con que se aprovechan los residuos para otras actividades. De una forma u otra la totalidad de los expertos tienen el conocimiento de que existe aprovechamiento en el taller aunque no con la misma frecuencia, pues el 50 % de los encuestados plantean que siempre se aprovechan y el otro 50 % que se aprovechan frecuentemente. (Ver Tabla 13)

Tabla 13. Frecuencia en que se aprovechan los residuos de la construcción en el taller

Criterio	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
Siempre	4	0.1
Frecuentemente	4	0.1
Algunas veces	0	0
Nunca	0	0
Total	8	1

Fuente: Elaboración Propia.

Al analizar la pregunta tres referida al concepto de trabajo más utilizado para el aprovechamiento de los residuos en el taller, los expertos marcaron como la reutilización de los residuos (bloques de concreto) y el reciclaje fuera de la obra (piedra de potrero) como los conceptos más utilizados (Ver Tabla 14)

Tabla 14. Concepto de aprovechamiento de los residuos de la construcción en el taller

Concepto de aprovechamiento	Frecuencia	Por ciento
Reutilización (residuos de bloques de concreto)	8	100
Reciclaje en la obra (RCD)	1	12,5
Reciclaje fuera de la obra (piedra de potrero y materiales pétreos)	5	62,5
Disposición final (materiales que no se aprovechan)	4	60

Fuente: Elaboración Propia.

La pregunta cuatro sobre el rango de ordenamiento según la experiencia de los conceptos referidos al aprovechamiento de residuos en el taller, dio como resultado

de que el 100 % de los encuestados concuerdan en que los más frecuentes son la reutilización de los bloques (RU) y el reciclaje de la piedra de potrero (Rca).

3.4.5. Estimación de la generación de los RCD

La estimación de los volúmenes de los residuos que se generan mensualmente en el taller muestra que son más del 40 %, estos volúmenes constituyen solo el volumen de los productos defectuosos propio del taller y no el volumen de los residuos que se traen desde el patio del MINCIN. (Ver Tabla 15)

Tabla 15. Volúmenes de los residuos de la construcción generados en el taller

volúmenes	Frecuencia absoluta	Por ciento
Menos de 10%	0	0
10 a 20 %	0	0
20 a 30 %	1	12,5
Más de 40%	7	87,5
Total	8	100

Fuente: Elaboración Propia.

Para la estimación de la generación de los residuos es necesario contar con los datos mensuales de las producciones defectuosas y de las piedras de potrero y materiales pétreos recolectados en el taller, lo cual no se hace en este momento, por lo que ha sido resultado de estimaciones.

Transporte

El 100 % de los encuestados consideran necesario la transportación de los residuos, (ver Tabla 16) que son clasificados como piedras de potrero y materiales pétreos que serán recolectados por los camiones y tractores del taller.

Tabla 16. Necesidad de transportación de los residuos de la construcción

Necesidad	Frecuencia absoluta	Por ciento
Si	8	100
No	0	0
Total	8	100

Fuente: Elaboración Propia.

Disposición final

En cuanto al análisis de la pregunta 8 sobre el destino de los materiales que se desechan, como se puede ver en la Tabla 17 el 100 % de los encuestados consideran el patio del taller como la disposición final de estos.

Tabla 17. Disposición final de los residuos de la construcción

Destino	Frecuencia absoluta	Por ciento
Vertederos	0	0
Patio del taller	8	100
Venta al MINCIN	0	0
Otros (cuales)	0	0
Total	8	100

Fuente: Elaboración Propia

Como los residuos son aprovechados mediante el concepto de la reutilización y el reciclaje fuera de obra, para el mayor aprovechamiento de los mismos, en el taller se deben realizar las siguientes prácticas:

- La recolección y aprovechamiento al máximo de todos los residuos.
- Evitar la contaminación de los residuos (esto es por la falta de un almacén).
- Ampliación del área de reciclaje.

3.4.6. Seguimiento

Los encuestados emitieron sus sugerencias sobre la importancia de darle seguimiento al proceso de reciclaje de los áridos en el taller, el (100 %) consideran que es necesario este paso para lograr el mayor aprovechamiento de los RCD, a través del reciclaje de los mismos logrando la disminución del desecho tan perjudicial para el taller, la comunidad y el municipio, a su vez el 75 % plantea que es importante el control del proceso en su conjunto y el 38 % considera que se debe tener en cuenta la lejanía de las canteras de áridos por el alto costo de transportación de los mismos.

Es de vital importancia el seguimiento del reciclaje de los RCD en el taller, por lo que hay que asegurarse de que se cumplan todos los pasos y que funcione el modelo, ya que una vez implementado el mismo se tiene que lograr mantener los resultados logrados e irlo perfeccionando a través del control que se realice en cada una de sus fases, manteniendo las normas de calidad de los áridos reciclados.

Datos de los encuestados

El 62,5 % es de sexo femenino y el 37,5 % masculino, así como el 62,5 % pertenecen al grupo de edad entre 40 a 60 años y el 37,5 % están comprendidos en el grupo de más de 60 años, lo que evidencia la experiencia de los encuestados. Ver Tabla 18 y 19.

Tabla 18. Sexo

Sexo	Frecuencia absoluta	Por ciento
Femenino	5	62.5
Masculino	3	37.5
Total	8	100

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19. Grupo de edad

Grupo de edad	Frecuencia absoluta	Por ciento
Menor de 20	0	0
40 a 60	5	62.5
Más de 60	3	37.5
Total	8	100

Fuente: Elaboración Propia

Para que la Implementación del modelo en el taller de Eco-materiales sea un éxito, se debe asegurar el mejoramiento de las deficiencias existente en el mismo. A continuación se mencionan algunas sugerencias:

1. La disponibilidad de transporte adecuado para la recogida de residuos fuera del taller, así como el suministro de maquinarias (molinos) nuevos y con repuestos suficientes.

2. Ejecutar un programa (una planificación) para la recogida de los residuos (las piedras de potreros, producción defectuosa del taller y residuos del MINCIN), lo que beneficiará en la obtención del árido reciclado.
3. Garantizar el vestuario útil y necesario para los operarios de los molinos así como otros trabajadores del taller durante la ejecución de las actividades, para reducir riesgos para la salud.
4. Aumentar el número de los operarios de los molinos para el buen funcionamiento del área de recuperación de residuos de la construcción en el taller.
5. Asegurar un almacén para acopiar los residuos de la construcción en el taller así como desde el patio del MINCIN.
6. El personal que desarrolle la labor deberá contar con los elementos de protección personal, herramientas y equipos necesarios.

3.4. Indicadores de efectividad en la implementación del modelo

Existen varios parámetros para evaluar el éxito de un proyecto de reciclaje, a continuación se exponen los indicadores técnicos, económicos, ambientales y sociales para evaluar la implementación del modelo en el taller:

Indicadores Técnicos:

- Volúmenes recuperados.

Se cumple el indicador por que la recuperación de residuos es máximo en el taller, se recuperan todos los residuos generados durante el proceso de producción que es un volumen estimado a más de 40 % mensual, este volumen más los residuos desde el patio de MINCIN estimado a 2,5 m³ diario y la piedra de potrero se reciclan en su totalidad en el taller.

- Ahorro en la utilización de los áridos naturales

El ahorro en la utilización de los áridos naturales se determina mediante la comparación entre dos tipos de dosificaciones para fabricación de bloques de 10 y

15 respectivamente, la primera utilizando como áridos: granito, polvo de piedra y arena lavada provenientes de las canteras, bajo la denominación de bloques con árido natural (AN) y la segunda utilizando como áridos: grava , polvo de piedra y árido grueso (granito) provenientes del reciclado, con la denominación bloques con árido reciclado (AR). Las dosificaciones empleadas se muestran en la Tabla 3.14.

Tabla 20. Dosificaciones de los elementos de estudio

Materiales	Bloques de 10 cm			Bloques de 15 cm		
	Árido natural	Árido reciclado	Ahorro (%)	Árido natural	Árido reciclado	Ahorro (%)
Arena lavada	0,003 m ³	0,001 m ³	66,67	0,004 m ³	0,001 m ³	75
Polvo de piedra	0,0007 m ³	0,0007 m ³	0	0,001 m ³	0,001 m ³	-
Granito	0,005 m ³	0,0025 m ³	50	0,006 m ³	0,003 m ³	50
Grava		0,0045 m ³	-		0,006 m ³	-

Fuente: (Rodríguez, 2015)

Como se puede observar en la fabricación de los bloques utilizando la arena lavada reciclada, se ahorra un 66,67 % de árido natural en los bloques de 10 cm y un 75 % en los de 15 cm. Así mismo ocurre con el granito que se ahorra en un 50 % en los dos tipos de bloques, en cuando al polvo de piedra, la dosificación para ambos es la misma o sea el polvo de piedra natural o reciclado. Se observa la adición de grava a la producción de bloques con árido reciclado que aumenta la resistencia de los mismos, pero esta es producto del proceso de reciclaje del RCD, por lo que para este caso no hay afectación del árido natural.

Indicadores Económicos:

Ahorro en el costo de producción

El impacto económico esta dado por los costos de produccion de los bloques, que se muestran en la Figura 10.

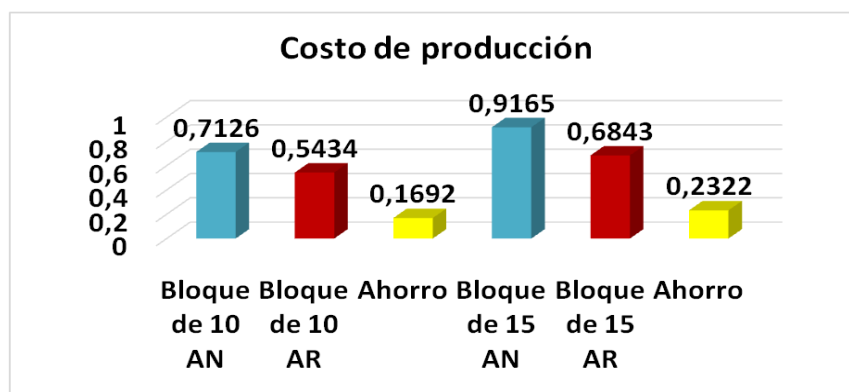


Figura 11. Costo de producción bloques de 10 y 15 cm, (Rodríguez, 2015)

Como se puede observar los bloques con árido reciclado tienen un ahorro de \$ 0,16 para los de 10 cm y de \$ 0,23 para los de 15 cm debido a que disminuyen los costos de transportación y de materiales.

En la Tabla 21 se muestra el inventario de las entradas de materiales para la fabricación de los bloques así como transporte de mismos.

Tabla 21. Inventario de entradas para la producción de los bloques.

Entradas y Salidas del sistema o producto para cada alternativa	UM	Valor Numérico			
		Bloque de 10		Bloque de 15	
		AN	AR	AN	AR
<i>Entradas de la Naturaleza</i>					
Agua	L	0,72	0,54	0,88	0,66
Árido					
• Arena lavada	Kg	4,092	1,364	5,456	1,364
• Granito	Kg	7,125	3,5625	8,55	4,275
• Polvo de piedra	Kg	0,973	0,973	1,39	1,39
• Grava	Kg		6,39		8,52
Transporte áridos					
• Arena	km/kg	45,012	15,004	60,016	15,004
• Granito	km/kg	548,625	0	658,35	0
• Polvo	km/kg	74,921	0	107,03	0
• Grava	km/kg		95,85		127,8

Fuente: (Rodríguez, 2015)

Los bloques fabricados con el árido reciclado necesitan durante el proceso menos agua y no se tiene en cuenta la transportación de los materiales (grava y polvo de

piedra), ya que estos son obtenidos en el taller, lo que resulta un ahorro económico en la entidad.

Indicadores Sociales

Producción adicional

Para la producción de bloques con la dosificación de arena lavada (ver Tabla 3.15), los bloques con árido reciclado tienen una producción adicional, esto resulta favorable para los sectores vulnerables de la sociedad como son los jubilados y las comunidades con viviendas en mal estado afectadas por el azote de los huracanes, así como los subsidiados, etc.

Tabla 22. Dosificación de Arena Lavada para la producción de los bloques.

Bloque de →	10 AN	10 AR	15 AN	15 AR
Dosificación de Arena Lavada por bloque	0,003 m ³	0,001 m ³	0,004 m ³	0,001 m ³

Fuente: (Rodríguez, 2015)

Como se aprecia en la Tabla con la dosificación de arena lavada con la que se fabrica un bloque de 10 cm con árido natural se producen tres bloques de 10 cm con árido reciclado lo que se traduce en una producción adicional de 2 bloques.

De forma similar sucede con el bloque de 15 cm que con la cantidad de arena lavada que se fabrica un bloque con árido natural se producen cuatro bloques de 15 cm con árido reciclado resultando una producción adicional de tres bloques siendo mayor que la de los bloques de 10 cm .

- **Cumplimiento de compromisos** (entrega de materiales, recolección oportuna de Materiales, acopio adecuado).

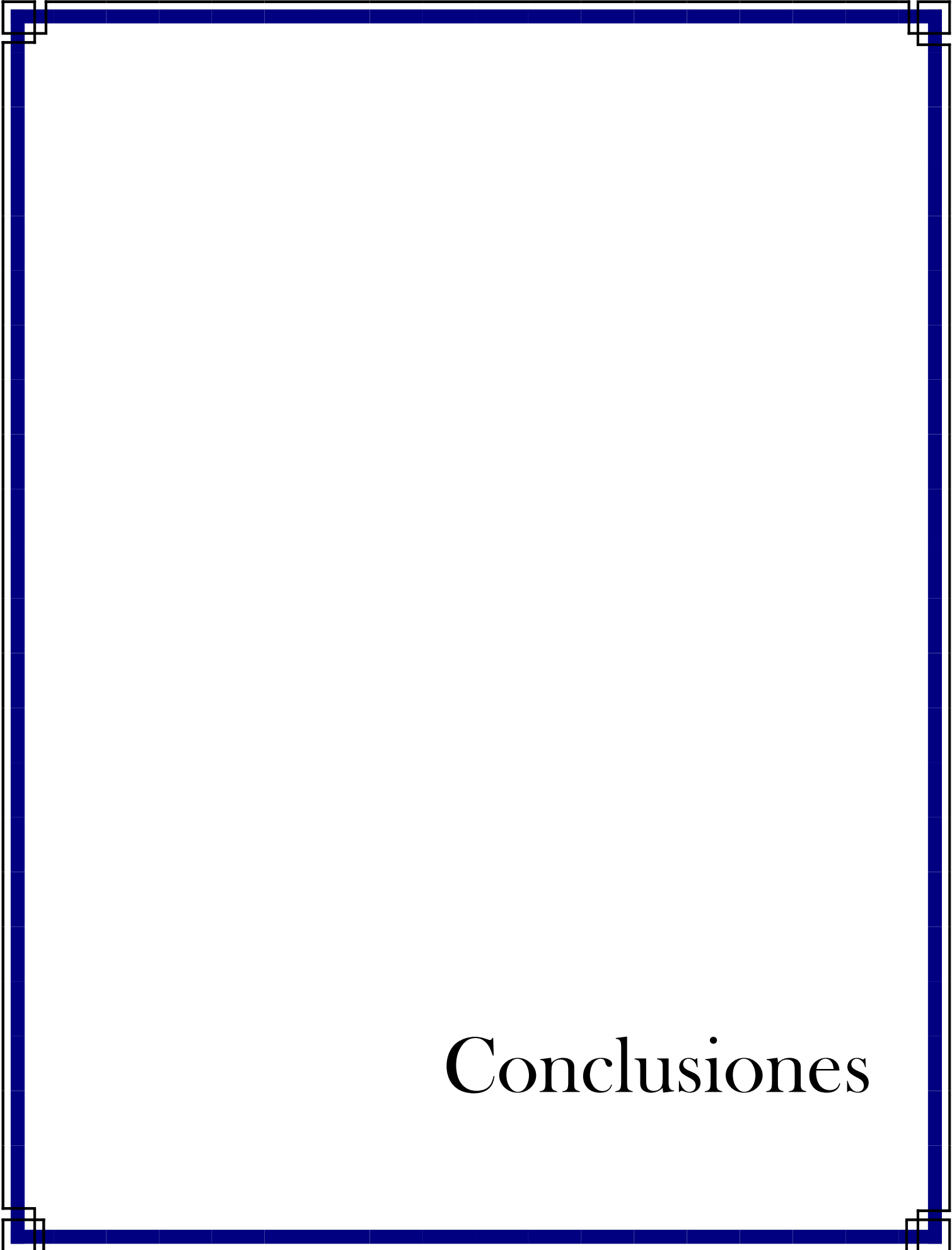
El taller recibe todos los materiales requeridos en tiempo, y se realiza la colección de los materiales como debe ser.

Indicadores Ambientales:

Se destaca una disminución de la utilización de los recursos no renovables en un 66,7 y 75 % respectivamente de menos impacto en la explotación de las canteras.

3.5. Conclusiones parciales del Capítulo III

1. La encuesta diseñada para la implementación del modelo sector integrado tiene un *Alfa de Cronbach* de 0,605, lo que valida la fiabilidad del instrumento de medición utilizado.
2. Se aseguran los pasos de la implementación por el 100 % de los expertos que afirman la importancia del aprovechamiento de los residuos, la capacitación de los trabajadores así como el seguimiento del proceso de reciclaje de los mismos.
3. La efectividad de la implementación del modelo de reciclaje en el taller se mide por el cumplimiento de los pasos así como el continuo perfeccionamiento de las deficiencias existentes en la entidad, y la correspondiente evaluación de los indicadores.

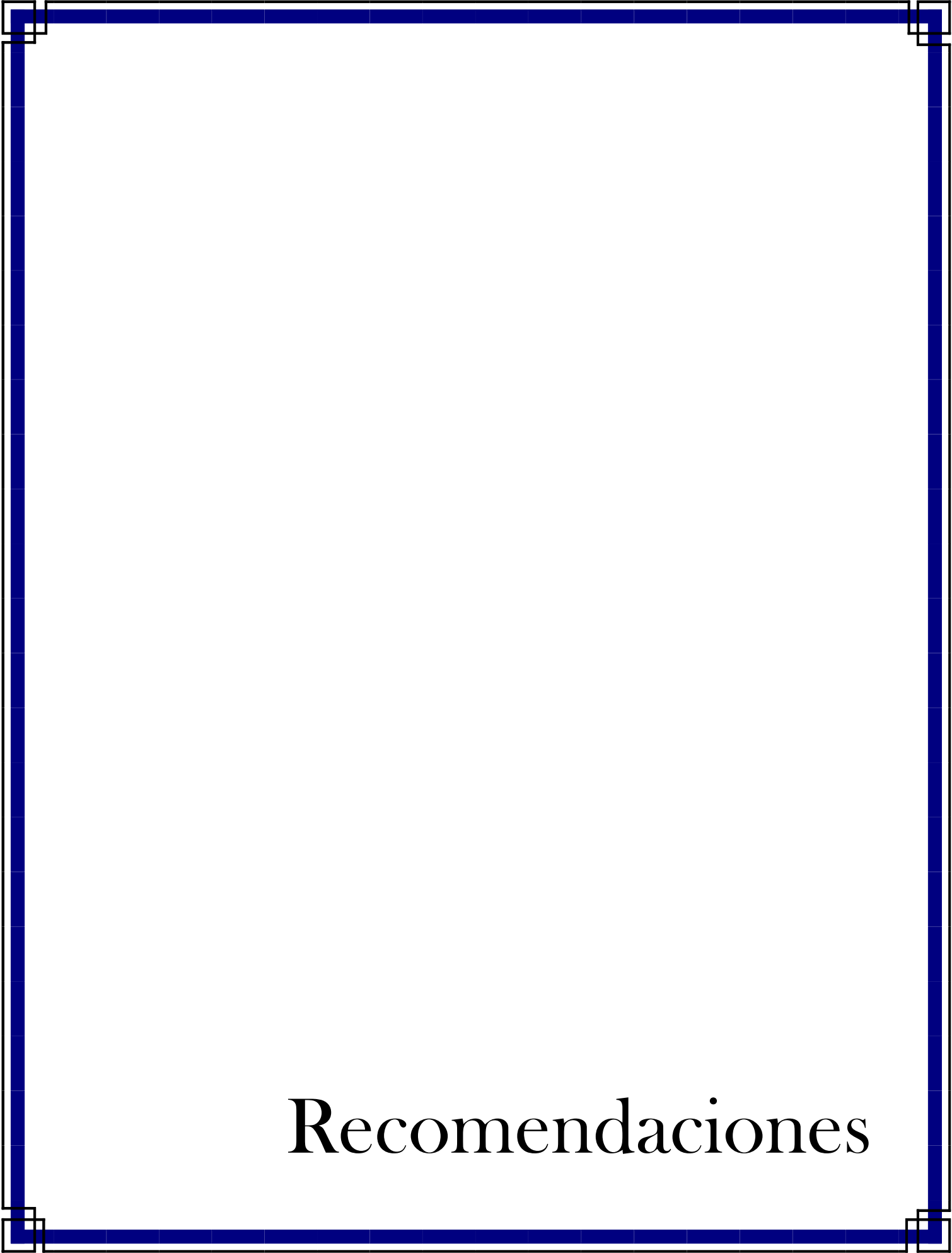


Conclusiones

Conclusiones Generales

Como resultado de este trabajo se arriba a las siguientes conclusiones:

1. Se propone la aplicación de un modelo para el manejo y reciclaje de los RCD con las 7 fases que abarcan las principales variables, que permiten reutilizar, reciclar y reducir los residuos con mayor eficiencia en el taller de eco-materiales de Manicaragua.
2. Se logra implementar el modelo de gestión integral de RCD en el taller de eco-materiales de Manicaragua a través del modelo sector integrado, mediante la encuesta a los expertos en el taller y a partir del análisis de los resultados recogidos. Es validada la fiabilidad de la herramienta utilizada mediante el *Alfa de Cronbach* = 0,605.
3. Se aseguran los pasos de la implementación por el 100 % de los expertos que afirman la importancia del aprovechamiento de los residuos, la capacitación de los trabajadores así como el seguimiento de reciclaje de los mismos.
4. El análisis de los indicadores que miden la efectividad en la implementación del modelo resultan favorables pues existe un ahorro de \$ 0,16 para la producción los de 10 cm y de \$ 0,23 para los de 15 cm, una producción adicional de 2 bloques de 10 cm y 3 bloques para los 15 cm, así como ahorros en material y un menor impacto en la explotación de las canteras.

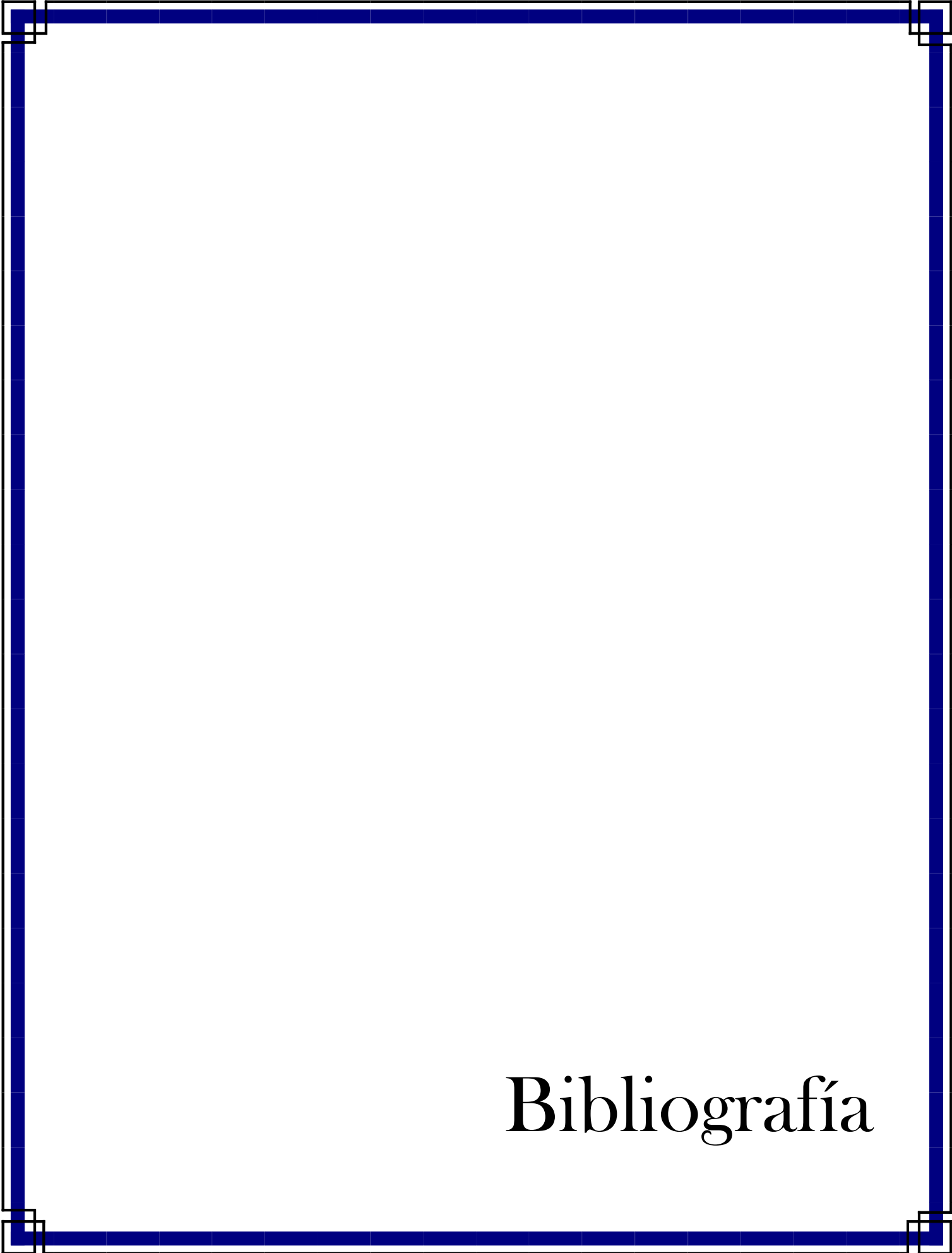


Recomendaciones

Recomendaciones

Con la realización de este trabajo se recomienda:

1. Sugerir a las autoridades del gobierno aplicar los resultados de esta investigación en la gestión integral de los RCD en la provincia de Villa Clara.
2. Se recomienda la formación de brigadas para sensibilizar la participación ciudadana en la recogida de residuos sólidos provenientes de la construcción y demolición de las viviendas.
3. Sugerir a la administración del taller de eco-materiales de Manicaragua incluir en su proceso de producción el reciclaje de escombros recogidos en las obras de construcción ya sea del sector público o privado.



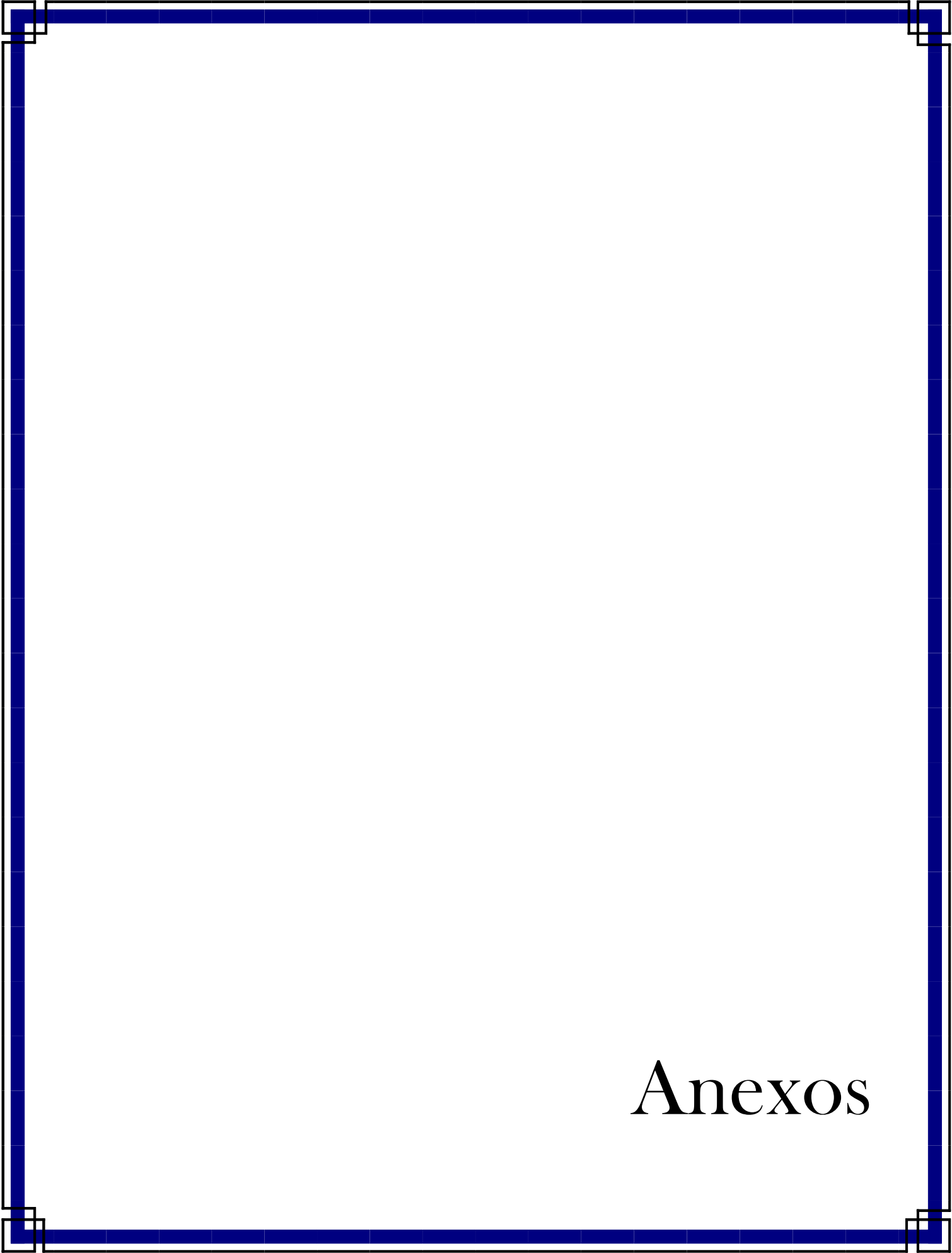
Bibliografía

Bibliografía

- Aguilar, A. 2010. Reciclado de materiales de construcción. Residuos, 4, 12.
- Alonso, J. D. G. 2014. Estudio técnico-económico del uso de áridos reciclados en la producción de hormigón. Trabajo de diploma, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
- Alpízar, M. M. & Flórez-Estrada, M. V. 2011. Guía de manejo de escombros y otros residuos de la construcción, UICN, Oficina Regional para Mesoamérica y la Iniciativa Caribe. San José, Costa Rica.
- Anzieta, M. 2004. Implementación de proyectos piloto de reciclaje comunal: Enfoque Metodológico para la Separación Domiciliaria. Proyecto Intercomunal Gestión Integral de Residuos Sólidos, 46.
- Bedoya, A. B. 2011. Propuesta para el manejo integral de los residuos de la construcción y la demolición c. Trabajo de grado, Universidad De San Buenaventura.
- Brooks, K. A., Adams, C. & Demsetz, L. A. 1994. Germany's construction and demolition debris recycling infrastructure: what lessons does it have for the US. Sustainable construction, 16, 647-656.
- Bustos, R. P. 2012. Automatización de una planta de tratamiento y reciclaje de RCD's (Residuos de Construcción y Demolición). Leganes: Universidad Carlos III de Madrid.
- Cochran, K. M. 2006. Construction and demolition debris recycling: Methods, markets, and policy. University of Florida.
- Construcción, C. M. D. L. I. D. L. 2013. Plan de manejo de Residuos de la Construcción y la Demolición. 99.
- Dominguez, M. 2016. El modelo para la gestion intergral de reciclaje de los RCDs en Villa Clara. Pregrado, Universidad Central de Las Villas.
- Drumond, R. 2015. Nueva instalación para el reciclaje de residuos de construcción en la zona sur de Cáceres, Departamento Técnico y Comercial.

- Esguícero, F. J., Manfrinato, J. W. D. S. & Martins, B. L. 2009. Use of Construction and Demolition Residues in new material for construction. Orlando, Florida U.S.A.
- F., D. C. E. O., G., I. L. F. C. & Velásquez., I. J. V. L. 2009. Gestión integral de escombros ,anteproyecto para la gestion integral de los RC&D en el distrito capital –Bogotá. *Coambiente*, 121.
- Gaspar, A. G. 2015. Estudio de factibilidad técnico-económico para la producción a pequeña escala de áridos reciclados. Trabajo de Diploma, Universidad Central Marta Abreu de las villas.
- Gutiérrez, C. J. O., Rodríguez, F. S. G., Ramírez, J. A. S., Gómez, K. J. R., Fajardo, N. A. P., Echeverría, V. A. Z., Alarcón, W. A., López, Y. A. E. & García, Y. X. F. 2014. Guía para la elaboración del plan de Gestión Integral de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en obra. *In: Ambiente*, S. D. D. (ed.). Bogotá, D.C., Colombia.
- Gutiérrez., A. S. 2016. Manejo de los RCD en la Habana Vieja: Constructora “Puerto de Carenas”, OHH. Experiencias y resultados. Habana.
- Karunasena, G., Amaratunga, D., Haigh, R. & Lill, I. 2010. Post disaster waste management strategies in developing countries: Case of Sri Lanka *International Journal of Strategic Property Management*, 21.
- Luna, M. A. 2013. Algunas consideraciones sobre el uso de los áridos reciclados como fuente alternativa de materias primas en la producción de hormigones.
- Mena, H. E. M. 2008. Propuesta de NC de Uso de Cargadores y Máquinas de Transporte de Tierras y/o Rocas. Trabajo de diploma, Universidad Central “Marta Abreu” De Las Villas.
- Pavón, E., Etxeberria, M. & Díaz, N. E. 2012. Estudio de la aplicabilidad del hormigón con árido grueso reciclado en La Habana, Cuba. *Materiales de Construcción*, Vol. 62, 307, 431-441, 11.
- Porras, Á. C. & Cortés, N. L. G. 2014. Logistics and operational management of recycling of construction waste and demolition. *Revista Ingeniería Industrial*, 12.

- Reyes, M. C. A. 2010. Propuesta para la implementacion de planta de tratamiento de residuos de construccion en el area Metropolitana De Bucaramanga.
Universidad Pontificia Bolivariana
- Rodríguez, J. E. C. 2015. Estudio de impacto del uso de áridos reciclados en bloques de hormigón. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.
- Rubio, H. H. J. 2011. Anteproyecto para la gestión integral de los residuos de construcción y demolición en el municipio de Yumbo.
- Seo, S. & Hwang, Y. 2011. An Estimation of Construction and Demolition Debris in Seoul, Korea: Waste Amount, Type, and Estimating Model. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 7.
- UNEP 2005. Sri Lanka post tsunami environmental assessment, United Nation Environment Program
- Valdivia, S., Hamidovic, J., Nicolai, M., Ruch, M., Spengler, T. & Rentz, O. 2004. Desarrollo de un modelo para la minimizacion y reciclaje de los desechos de la demolicion y comparacion de su aplicacion en Alemania y Peru. *Revista de Química*, Vol. VIII. , 12.
- Villalobos. 2011. Propuesta de un modelo para la evaluacion de impacto ambiental. Universidad de Talca.



Anexos

Anexos

Anexo 1. Clasificación de las máquinas de transporte. (a) Camión de volteo, (b) Semirremolque de volteo, (c) Dumper rígido, (d) Dumper articulado

(a)



(b)



(c)



(d)



Anexo 2. Ejemplos de cribas



Anexo 3. Maquinarias para la separación de los RCD (a) Separador magnético (electroimán), (b) Sopladora de plásticos

(a)



(b)



Anexo 4. Etapas de los modelos para el reciclaje de los RCD utilizados en diferentes países

País	Fases o etapas del modelo
Alemania y Perú (Valdivia et al., 2004)	• Generación y acopio de los residuos ,fracción valorizado • Separación en origen y separación selectiva • Transporte y almacenamiento de los residuos • Aprovechamiento de los residuos :Reutilizar y Reciclar • Disposición final
México (Construcción, 2013)	• Control en la generación de los residuos • Definición y acopio de los residuos ,fracción valorizado • Separación selectiva • Transporte y almacenamiento de residuos • Aprovechamiento de los residuos :Reutilizar y Reciclar • Disposición final
Bolivia (REYES, 2010)	• Separación selectiva • Aprovechamiento de los residuos :Reutilizar y Reciclar • Disposición final
Sri Lanka (Karunasena et al., 2010)	• Control en la generación de los residuos • Definición y acopio de los residuos ,fracción valorizado • Transporte a los lugares relevantes • Separación selectiva • Aprovechamiento y proceso de los residuos :Reutilizar y Reciclar • Disposición final
España (Paula Fernández Pareza)	• generación y acopio de los residuos ,fracción valorizado • Separación en origen y separación selectiva • Transporte y almacenamiento de los residuos • Aprovechamiento de los residuos :Reutilizar y Reciclar • Disposición final
Colombia (Rubio, 2011)	• generación y acopio de los residuos ,fracción valorizado • Transporte a los lugares relevantes • Separación selectiva • Aprovechamiento y proceso de los residuos :Reutilizar y Reciclar • Disposición final
Costa Rica (UICN)	• Generación y minimización de los residuos • Transporte y almacenamiento de los residuos • Aprovechamiento de los residuos :Reutilizar y Reciclar • Disposición final
España (Bedoya, 2011)	• Generación y minimización de los residuos • Separación en origen y recogida selectiva • Aprovechamiento de los residuos :Reutilizar y Reciclar • Disposición final
Colombia (Medina ,2013)	• Generación y minimización de los residuos • Separación en origen y recogida selectiva • Aprovechamiento de los residuos :Reutilizar y Reciclar • Disposición final
Cuba (Domínguez,	• Estimación de la demanda • Definición e identificación de los RCD

2016)	• Estimación de la generación de los RCD y su minimización • Separación en origen y recogida selectiva • Transporte • Aprovechamiento • Evaluación de impactos
-------	--

Fuente: elaboración propia

Anexo 5. Implementación de modelos en el manejo de los RCD, en países de Asia

País	RCD producido anualmente	Estrategias y tecnología	Practica	Políticas e institución responsable
India (2007)	14.5 MT	El reciclaje y el reutilizo de los escombros	El porcentaje de los escombros reciclados y reutilizados son 25% en edificios antiguos y el 75% en edificios nuevos	El ministerio de ambiente y selva ha mandado una subasta para los proyectos grandes de construcción
Hong Kong (2007)	42%	Reutilizar – por demolición selectiva	Reutilizar el 37 %-80% de los escombros como rellenos en las zonas publicas	La disposición de penalización para los residuos de construcción Se le exige a los contratistas formular un plan para el manejo de los residuos La adopción de la técnica de la demolición selectiva El desarrollo del sistema GPS y GIS con la integración de un sistema para rastrear la disposición de los escombros.
China (2007)	17.5 %	Reciclar y reutilizar		Imponer estrictos regulaciones municipales sobre los RCD a los proyectos de construcción
Malaysia (2006)	28.38%	Reciclar y reutilizar		No se reportan
Singapur (2000)	–	Reciclaje	Reducción, reutilizar y reciclar	Las autoridades de edificación y construcción (BCA en inglés) establecen un ISO 14000,
Sri Lanka (2006)	–	Reciclaje y reutilizar	La industria de reciclar y reutilizar	El desarrollo del centro para manejo de los residuos de la construcción (COWAM) para dar la educación, información e campañas de conciencia

				sobre el manejo de los RCD
Taiwán (2002)	2,4 millones de MT	Tecnología de reciclaje	Reciclaje del concreto	La iniciación de un programa para el manejo de los residuos en 1999

Fuente: elaboración propia

Anexo 6. Foto de la entrada de la planta de reciclaje de áridos “El Husillo”, (a) entrada general, (b) vista del parqueo



Anexo 7. Normativas Cubanas

Código	Año	Cant. págs.	Título
NC 251	2013	17	Áridos para hormigones hidráulicos — requisitos
NC 759	2010	16	Áridos para mezclas asfálticas — requisitos
NC 177	2002	5	Áridos. Determinación del porcentaje de huecos. Método de ensayo.
NC 178	2002	6	Áridos. Análisis granulométrico.
NC 179	2002	6	Áridos. Determinación del contenido de partícula de arcilla. Método de ensayo.
NC 180	2002	7	Áridos. Determinación de partículas ligeras. Método de ensayo.
NC 181	2002	6	Áridos. Determinación del peso volumétrico. Método de ensayo.
NC 182	2002	6	Áridos. Determinación del material más fino que el tamiz de 0.074 mm (no. 200). Método de ensayo.
NC 183	2002	11	Áridos. Estabilidad a la acción del sulfato de sodio o del sulfato de magnesio. Método de ensayo.
NC 184	2002	7	Arena. Determinación de la humedad superficial. Método de ensayo.
NC 185	2002	6	Arena. Determinación de impurezas orgánicas. Método de ensayo.
NC 186	2002	8	Arena. Peso específico y absorción de agua. Método de ensayo.
NC 187	2002	6	Árido grueso. Peso específico y absorción de agua. Método de ensayo.
NC 188	2002	7	Áridos gruesos. Abrasión. Método de ensayo.
NC 189	2002	7	Áridos gruesos. Determinación de partículas planas y alargadas. Método de ensayo.
NC 190	2002	7	Áridos gruesos. Determinación del índice de triturabilidad. Método de ensayo.
NC ISO 14031	2005	45	Gestión ambiental — evaluación del desempeño ambiental — directrices [iso 14031:1999 (traducción certificada), idt]
NC ISO 14040	2009	32	Gestión ambiental — análisis del ciclo de vida — principios y marco de referencia (iso 14040:2006, idt)
NC ISO 14044	2009	60	Gestión ambiental — análisis del ciclo de vida — requisitos y directrices (iso 14044: 2006, idt)
NC ISO 14050	2009	67	Gestión ambiental — vocabulario (iso 14050: 2009, idt)
NC ISO 14063	2009	41	Gestión ambiental — comunicación ambiental — directrices y ejemplos (iso 14063: 2006, idt)

Anexo 8. Entrevista

Entrevista estructurada realizada a los expertos del taller de Eco materiales de Manicaragua, con el objetivo de conocer las opiniones con vistas a implementar las fases del modelo.

Fases del modelo:

- I. Recolección y transporte de los RCD
 - a. ¿Quién es el responsable de la recolección de los RCD?
 - b. ¿Dónde recogen los RCD, así como las piedras de potreros?
 - c. ¿Qué problemas se han presentado durante el proceso de la recolección de la materia prima?
- II. Separación y proceso de reciclaje
 - a. ¿Cómo realizan la separación de las materias primas?
 - b. ¿Qué maquinaria utilizan para el procesamiento de las materias primas?
 - c. ¿Cuántos años de explotación tienen los equipos que intervienen en el procesamiento de las materias primas?
 - d. ¿Cuántos operarios tienen estos equipos?
 - e. ¿Qué problemas presentan durante el proceso?
- III. Disposición Final
 - a. ¿Dónde utilizan el árido reciclado?
 - b. ¿A quién le venden los productos fabricados con áridos reciclados?

Anexo 9. Encuesta aplicada al Taller de Eco materiales de Manicaragua

Encuesta aplicada al Taller de Eco materiales de Manicaragua

Estimado señor o señora:

La Universidad Central de Las Villas, está realizando un estudio para conocer sus criterios acerca de la implementación de un modelo para la gestión integral del proceso de reciclado de áridos conjuntamente con el Taller de Eco materiales de Manicaragua, por lo que necesitamos su cooperación participando en la siguiente encuesta. Sus respuestas tienen carácter confidencial, y le pedimos conteste verazmente.

Muchas Gracias

1. Conoce usted si en el taller se producen residuos de la construcción

☐ Si
☐ No

2. Diga si se aprovechan los residuos para otras actividades :

Siempre ☐ Frecuentemente ☐ Algunas veces ☐ Nunca ☐

3. Marque con una (X) el concepto de trabajo por el que se aprovechan los residuos

☐ Reutilización (residuos de bloques de concreto)
☐ Reciclaje en la obra (escombros)
☐ Reciclaje fuera de la obra (piedra de potrero y materiales pétreos)
☐ Disposición final (materiales sobrantes que no se aprovechan)

4. Ordene numéricamente según su experiencia en el taller (siendo el 1 el concepto por el que más se aprovechan los residuos y el 4 el que menos se aprovechan)

☐ Reutilización (residuos de bloques de concreto)
☐ Reciclaje en la obra (escombros)
☐ Reciclaje fuera de la obra (piedra de potrero y materiales pétreos)
☐ Disposición final (materiales que no se aprovechan)

5. Marque con una (X) los volúmenes de residuos que se generan mensualmente en el taller

☐ Menos de 10 %
☐ 10-20 %
☐ 20- 30 %
☐ 30-40 %
☐ Más de 40 %

6. Recomiende las prácticas que deben realizarse en el taller para el mayor aprovechamiento de los residuos

7. Marque con una (X) si considera necesario la transportación de los residuos

☐ Si
☐ No

8. Marque con una (X) el destino que se le da a los materiales que se desechan

☐ Vertederos

____Patio del taller
 ____venta al MINCIN
 -----Otros (cuáles)

9. Cree usted que es necesario la capacitación de los trabajadores en cuanto al proceso del reciclado?

____ Si
 ____ No

10 .Emita sus sugerencias sobre la necesidad de darle seguimiento al proceso del reciclado de áridos en el taller.

Datos personales:

Sexo: ____ F ____ M.

Grupo de edad: ____ Menor de 20/ ____ 21-40/ ____ 41-60/ ____ Más de 61 años