

**Universidad de Oriente
Núcleo Bolívar
Biblioteca Central
Ciudad Bolívar/Bolívar/Venezuela**



**ANÁLISIS DE LA INCORPORACIÓN DE MATERIALES
RECICLADOS DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN,
PARA SER USADOS COMO AGREGADOS EN ELEMENTOS
ESTRUCTURALES O NO ESTRUCTURALES.**

Autores:

Barroso L. Geneabel J.
Gomez C. Carlos R.

Ciudad Bolívar, Febrero de 2011

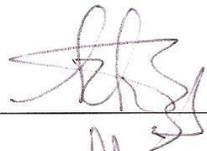
HOJA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado, intitulado “**Análisis de la incorporación de materiales reciclados de los residuos de la construcción, para ser usados como agregados en elementos estructurales o no estructurales**”, presentado por los bachilleres **Geneabel J. Barroso L.** y **Carlos R. Gómez C.**, ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombres:

Firmas:

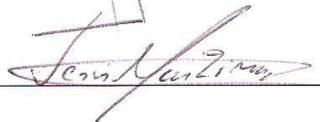
Profesor Giovanni Grieco
(Asesor)



Profesor Orlando Guevara
(Jurado)



Profesor Jesús Martínez
(Jurado)



Profesor Jacques Edlibi
Jefe del Departamento de Ingeniería Civil.

Ciudad Bolívar, febrero de 2011

DEDICATORIA

Me gustaría dedicar esta Tesis a toda mi familia.

A mis padres Lucia Isabel e Isnardo Gomez, por su comprensión y ayuda en momentos malos y menos malos. Me han enseñado a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño, y todo ello con una gran dosis de amor y sin pedir nunca nada a cambio.

A mis hermanos(as) Lisbeth, Arnaldo, Jackeline y Mariana por apoyarme siempre y estar a mi lado y por su ayuda prestada para el alcance de mis metas, por la confianza y el apoyo incondicional que me brindaron, a mis sobrinos(as) por apoyarme, esperando les sirva de estímulo. A mis tíos en especial Ramón Antonio Córdova que me brindo ayuda cuando lo necesite y que siempre estuvo allí apoyándome en todo momento.

A toda mi familia y amigos, compañeros de estudio que de alguna manera fueron un motivo para seguir adelante.

Carlos Reinaldo Gómez Córdova.

DEDICATORIA

A Dios primero que nada, ya que con él a mi lado todo se puede y pude lograr una de mis metas, gracias por sus bendiciones y por permitir que supere todos mis obstáculos de la manera más sencilla posible.

A mi madre Tibita luces que siempre me ha dado todo lo necesario y me ha enseñado lo maravilloso de esta vida, que no hay palabras para agradecer todo lo que ha puesto en mí y que este logro es gracias a ella. Y mi padre Elmis Peraza quien a pesar de no tener mí misma sangre, desde muy pequeño estuvo a mi lado y me dio el carácter necesario para que hoy en día sea un hombre de provecho y de bien.

A mi futura esposa, Lorelkys Guzmán quien ha estado conmigo desde que entre en la universidad, apoyándome y ayudándome a seguir adelante.

A mi familia, que siempre me ha apoyado y ha estado pendiente de todos los aspectos de mi vida.

A mis amigos, que me ayudaron y apoyaron durante todo este camino y forman parte de toda esa enseñanza.

Geneabel de Jesús Barroso Luces.

AGRADECIMIENTO.

A la Universidad de Oriente, por brindarme enseñanzas y ser mi segundo hogar en estos últimos años. A los profesores que me han impulsado en mi formación profesional.

A mis padres, infinitas gracias por haberme dado la vida y por su esfuerzo y dedicación invertidos en mí, proveyendo los recursos necesarios, su tiempo, sus consejos, su paciencia y su perseverancia, cuyo fruto; tanto para ello como para mí, es lograr alcanzar esta meta. A mis hermanos gracias por el apoyo que me brindaron todos estos años.

A nuestro asesor académico y profesor Giovanni Grieco por su tiempo y enseñanza prestada en la elaboración de este proyecto.

Al resto del grupo de profesores de la universidad que de una u otra forma, nos brindaron su ayuda durante toda la carrera.

A todos y cada uno de mis compañeros(as), amigos(as) que de una u otra forma estuvieron involucrados conmigo para lograr alcanzar esta meta.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de esta investigación, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se planteo como objetivo general “Analizar la incorporación de materiales reciclados a partir de los residuos de la construcción, para ser usados como agregados en elementos estructurales o no estructurales” mediante los ensayos de compresión de cilindros de concreto, cumpliendo con lo que establece en la norma Venezolana COVENIN 338:2002. Los materiales usados para la fabricación del concreto a ensayar fueron residuos de concreto viejo premezclado, de donde se obtuvo el agregado grueso luego del método de trituración o cribado, el agregado fino y el cemento fueron los mismos usados en concreto convencionales. En este sentido se determino que al someter al concreto reciclado a ensayos de compresión, se observo que este no alcanzo los estándares en su totalidad, pero se encontraron resultados positivos en comparación con el material de referencia de la región. Se puede concluir que la incorporación de los residuos de concreto con agregado grueso nuevo al ciclo productivo de la construcción, es una alternativa viable, un ejemplo demostrativo para la transferencia de tecnología a la sociedad, además muestra beneficios económicos y ecológicos implícitos.

CONTENIDO

	Página.
HOJA DE APROBACIÓN.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN.....	vi
CONTENIDO.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE TABLAS.....	xii
LISTA DE APÉNDICES.....	xiii
LISTA DE ANEXOS.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
SITUACIÓN A INVESTIGAR.....	3
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Objetivos de la investigación.....	8
1.2.1 Objetivo general.....	8
1.2.2 Objetivos específicos.....	9
1.3 Justificación.....	9
1.4 Alcance de la investigación.....	10
CAPITULO II.....	11
GENERALIDADES.....	11
2.1 Ubicación geográfica del área.....	11
2.2 Acceso al área.....	12
2.3 Características físicas y naturales.....	13
2.3.1 Geología.....	14
2.3.2 Altitud.....	14

2.3.3 Temperatura.....	14
2.3.4 Precipitación	15
2.3.5 Vientos.....	15
2.3.6 Clima.....	15
2.3.7 Vegetación	16
CAPÍTULO III.....	17
MARCO TEÓRICO	17
3.1 Antecedentes de la investigación	17
3.2 Bases teóricas	19
3.2.1 Reciclado de materiales de construcción.....	19
3.2.2 Generación y composición de los residuos de construcción y demolición.....	21
3.2.3 Gestión de los residuos de construcción y demolición.....	25
3.2.4 Recuperación reutilización y reciclado de los RCD.....	27
3.2.5 Condiciones medioambientales	33
3.2.6 Opciones de reutilización de RCD:.....	35
3.2.7 Demolición selectiva	36
3.2.8 Aplicaciones para el concreto con agregado reciclado.....	39
3.2.9 Organización y control de los sistemas de reciclaje.....	45
3.2.10 Procedimientos para la obtención de agregado grueso a partir de RCD.....	49
3.3 Bases legales	55
3.3.1 Derecho a un ambiente sano	55
3.3.2 Derecho a contar con servicios básicos esenciales y de calidad.....	56
3.3.3 Derecho a la salud y el mejoramiento de la calidad de vida.....	57
3.3.4 Derecho a un ambiente sano y libre de contaminación	57
3.3.5 Aseo urbano	59
3.3.6 Almacenamiento residuos domiciliarios.....	60
3.3.7 Recolección y transporte de los residuos domiciliarios.....	62
3.3.8 Estaciones de transferencia.....	64

3.3.9 Aprovechamiento.....	65
3.3.10 Procesamiento.....	66
3.3.11 Disposición final.....	66
3.3.12 Ley del Régimen Prestacional de Vivienda y Hábitat. (Gaceta Oficial N° 38.204 del 8 de Junio de 2005).....	77
3.4 Definición de términos Básicos	78
CAPÍTULO IV	86
METODOLOGÍA DE TRABAJO	86
4.1 Tipo de investigación	86
4.2. Diseño de la investigación	86
4.3 Población de la investigación.....	88
4.4 Muestra de la investigación.....	88
4.5 Técnicas e instrumento de recolección de datos	88
4.5.1 Recopilación de Información.....	89
4.5.2 Estudio de campo.....	89
4.5.3 Trabajo de laboratorio.....	92
4.5.4 Trabajo de oficina.....	93
4.5.5 Instrumentos de recolección de datos	93
4.5.6 Flujograma de la metodología	93
CAPÍTULO V.....	95
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	95
5.1 Describir las tendencias actuales sobre reciclado de residuos de la construcción.....	95
5.2 Determinar las características mecánicas de los materiales reciclados en la mezcla de concreto mediante ensayos y procedimientos convencionales de diseño, según las normativas COVENIN 338.	101
5.2.1 Resistencias a compresión obtenidas por las dos mezclas de concreto .	102
5.3 Comparar los resultados obtenidos con la mezcla de concreto con material reciclado y las de concreto convencional.....	103

5.4 Analizar el costo de construcción con concreto reciclado y compararlo con el costo requerido en la construcción de concreto convencional.....	108
5.4.1 Análisis de costo de trituración manual.....	110
5.5 Identificar, de acuerdo a las características y naturaleza de las mezclas de concreto obtenida, el uso más apropiado en la construcción como elemento estructural o no estructural.....	115
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	117
Conclusiones	117
Recomendaciones.....	118
BIBLIOGRAFÍA.....	120
APÉNDICES	122
ANEXOS	12233

LISTA DE FIGURAS.

Paginas

Figura 2.1 Mapa Político de la Republica Bolivariana de Venezuela. (www.mipunto.com/venezuelavirtual/mapas/,2007).	12
Figura 2.2 Mapa de ubicación hacia Planta de concreto SIMPCA del municipio Heres. (Google Earth, 2010).	13
Figura 3.1 Esquema de instalación propuesta para reciclado de escombros de la construcción en México DF.	38
Figura 3.2 Esquema del modelo macro-económico basado en la investigaciones alemanas y danesas en conexión con el proyecto de la CEE.	42
Figura 3.3 Alternativa para la producción de materiales reciclados.	48
Figura 3.4 Balance de materiales para una planta de agregaros de concreto reciclado.	51
Figura 3.5. Esquema de planta de reciclado con una capacidad de 110-275 ton/h. 52	
Figura 4.1 Flujograma de la metodología empleada en la investigación.	94
Figura 5.1 Diagrama de flujo que describe el proceso constructivo de las muestras de concreto.	100
Figura 5.1 Diferencia entre la resistencia de las mezclas de concreto.	108
Figura 5.2 Diferencia grafica del costo del concreto.	114

LISTA DE TABLAS

	Paginas
Tabla 3.1 Clasificación de los RCD de acuerdo con el tipo de actividad (D.H.V. Consultores España S.L.).....	20
Tabla 3.2 Cifras de producción de RCD en países de la UE.....	23
Tabla 3.3 Composición de los RCD (% en peso) en diversos países 1990.....	24
Tabla 3.4 Tasas de recuperación de RCD en varios países.....	29
Tabla 3.5 Evolución de tarifas de vertido de RCD.	32
Tabla 3.6 Plantas de tratamiento de RCD en la Unión Europea 1990.	33
Tabla 3.7 Ejemplo de las posibilidades de reutilización de los fragmentos de ladrillo y concreto.	40
Tabla 4.1 Referencia de diseño de mezcla (Manual de concreto estructural).....	91
Tabla 5.1 Clasificación de Residuos de la Construcción y Demolición	95
Tabla 5.2 Producción de RCD en países de la Unión Europea.....	96
Tabla 5.3 Porcentaje de Reciclado en algunos países de UE.....	97
Tabla 5.4 Muestras cilíndricas de concreto con agregado grueso reciclado (CR).101	
Tabla 5.5 Muestras cilíndricas de concreto con agregado grueso .natural (CN). .101	
Tabla 5.6 Carga aplicadas a las muestras de concreto reciclado (kgf.).....	102
Tabla 5.7 Carga aplicadas a las muestras de concreto natural (kgf.)	102
Tabla 5.8 Valores de resistencia de las muestras.	103
Tabla 5.9 Factor de durabilidad del concreto con agregado reciclado después de un ciclo acelerado de congelamiento / deshielo.....	105
Tabla 5.10 Propiedades físicas del agregado.	106
Tabla 5.11 Estimación de costo por metro cubico de agregado grueso reciclado	110
Tabla 5.12 Estimación de costo por metro cubico de una partida de concreto con agregado natural.....	111
Tabla 5.13 Estimación de costo por metro cubico de una partida de concreto con agregado grueso reciclado.....	112

LISTA DE APÉNDICES

	Página
A. FOTOGRAFÍA DE LOS ENSAYOS A COMPRESIÓN A LA EDAD DE 7 DÍAS.....	123
A.1 Colocación del cilindro de concreto en la prensa.....	124
A.2 Carga máxima aplicada a la muestra cilíndrica.....	125
A.3 Cilindro después de aplicada la carga.....	126
B. FOTOGRAFÍA DE ENSAYO A COMPRESIÓN A LA EDAD DE 14 DÍAS.....	127
B.1 Cargar máxima aplicada a la muestra a los 14 días Junto al personal de Simpca.....	128
B.2 Muestra cilíndrica después de aplicada la carga máxima.....	129
C. FOTOGRAFÍA DE ENSAYO A COMPRESIÓN A LA EDAD DE 28 DÍAS.....	130
C.1 Muestra cilíndrica de concreto después de aplicada la carga máxima a los 28 días.....	131
C.2 Muestra cilíndrica de concreto luego de ser ensayada y retirada de la prensa....	132

LISTA DE ANEXOS

- A. MAQUINA DE CRIBADO UTILIZADA PARA LA TRITURACIÓN DE RCD.
- B. VEREDAS EUROPEAS.
- C. PRIMER PUENTE CONSTRUIDO CON CONCRETO RECICLADO.

INTRODUCCIÓN

Actualmente en el mundo hay un gran crecimiento de población y con ello un déficit de viviendas, principalmente en los países del tercer mundo como Venezuela. Los esfuerzos de las instituciones por solventar tal situación, han generado como efecto negativo para el medio ambiente, el notable aumento de la generación de residuos y, por ello, la necesidad de habilitar mecanismos de gestión adecuados y capaces de dar una respuesta ante tal situación.

Estos residuos generados representan un gran volumen y constituyen un gran problema debido a que su generación va en aumento. Los residuos generados no se gestionan de manera individual y cualquier residuo, de cualquier origen, tiene como destino final el vertedero. Estos vertederos se diseñaron en un principio lejos de los núcleos urbanos, pero el actual crecimiento demográfico hace que estos, actualmente, se encuentren cerca de los núcleos de población y cada vez se necesiten vertederos de mayor tamaño.

La importancia de esta investigación está en utilizar parte de estos residuos como los escombros de concreto para reutilizarlos como agregado grueso en concretos nuevos para elementos estructurales o no estructurales, esto como una alternativa de construcción y así ayudar a reducir los residuos de la construcción y concientizar a las personas de que estos desechos pueden ser utilizado como materia prima en la construcción.

Para lograr los objetivos propuesta, se estructuró el proyecto por capítulos de la siguiente manera:

El capítulo I. Situación a investigar: el cual hace referencia de forma clara y precisa sobre el planteamiento del problema a estudiar, los objetivos que se procuran alcanzar, la justificación y el alcance de la investigación.

El capítulo II. Generalidades: se describe en esta fase la zona donde se realizó el estudio, la cual fue Ciudad Bolívar, Estado Bolívar, se describe la situación geográfica, el acceso y las características físicas y naturales.

El capítulo III. Marco teórico: hace referencia a las “Bases Teóricas”, se establece específicamente los fundamentos teóricos y legales relacionados con el tema de investigación.

En el capítulo IV. Metodología del trabajo: se describe de manera clara y precisa la metodología empleada, indicando la importancia y factores que constituyen el proyecto.

El capítulo V. Análisis e interpretación de los Resultados Obtenidos: en este capítulo se describe los materiales de reciclajes a utilizar, se presentan los análisis de los ensayos realizados a las muestras hechas, así como también se analizan el costo de la construcción con el agregado reciclado.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones en atención a los resultados de la investigación y de acuerdo como se enuncia en los objetivos de la investigación, se insertan los apéndices y anexos que amplían más la información de la investigación.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

La necesidad fundamental de todos seres humanos es tener una vivienda para el desarrollo familiar y esto tiene su trascendencia en el crecimiento y fortalecimiento de los valores y los principios de convivencia. La vivienda se convierte en el espacio de encuentro, reunión y reflexión. En ella hacemos diariamente los planes y proyectos, los cuales marcarán la vida de quienes en ella habitan.

El tema de la vivienda siempre ha generado discusión, entendiendo que la misma no se limita a la infraestructura solamente, sino que es también vínculo social y comunitario.

Según las Naciones Unidas, la mitad de la población mundial vive hoy en ciudades y pronostica que en 25 años otros dos mil millones de personas se incorporarán a zonas urbanas.

Esto significa que unos tres mil millones de personas, el 40 por ciento de la población mundial, requerirá en 2030 de viviendas e infraestructura de servicios básicos. En términos prácticos, eso representa construir diariamente 96 mil 150 casas, o cuatro mil por hora, desde ahora hasta el 2030.

Sin embargo la tarea de solventar el problema de la vivienda deja otra preocupación que son los escombros, residuos que son generados por la acción de construir. Es conocido que en todos los trabajos de construcción al inicio y durante la realización de una obra es habitual que se originen cantidades importantes de

residuos en forma de sobrantes y de restos diversos. También en obras de reforma, de reparación, de rehabilitación, se generan residuos.

Según datos de la Unión Europea, en 1992 los países miembros produjeron 200 millones de toneladas anuales de residuos de construcción y demolición. Parece clara y evidente la problemática originada por este tipo de residuos. Una problemática originada por el gran volumen generado de escombros, superior al de los desechos domésticos. Es demostrada la composición poco conflictiva de estos residuos, pues en términos generales son inertes, siendo la ocupación de grandes espacios uno de los principales problemas medio ambientales que provocan, pero, fundamentalmente, la degradación del paisaje cuando se vierten de manera incontrolada.

Hoy, la exigencia de una mejora en la protección del medio ambiente y la preservación de la naturaleza y del paisaje motiva que, en el ámbito de la construcción, se controlen estos residuos por medio de una gestión adecuada y, si es posible, minimizar las cantidades de los residuos desechados y hacer que puedan ser reciclados y en el mejor de los casos reutilizados. El sector de la construcción, como muchos otros sectores industriales, ha de afrontar los problemas medioambientales provocados, buscando nuevos sistemas ahorradores de energía y materias primas en la producción de nuevos materiales y sistemas más eficaces.

En la actualidad, la tecnología de reciclaje cuenta con una aceptación importante de la sociedad. En países como Holanda, Dinamarca y Alemania, campañas significativas basadas en información y actuaciones diversas han influido en un cambio de mentalidad desde hace ya bastantes años. Uno de los casos más conocidos fue la acción emprendida para poder gestionar los residuos originados por la demolición del muro de Berlín y utilizarlos en nuevas construcciones del tipo

residencial. Otro de los ejemplos significativos se realizó en Barcelona, una de las ciudades pioneras de España en el aprovechamiento de residuos de construcción, cuando para la remodelación y construcción de las nuevas instalaciones de la villa olímpica en el año 1992, se utilizaron los componentes (en su mayoría pétreos) provenientes de demolición.

Con este mismo lineamiento, Dinamarca realizó un interesante e ilustrativo proyecto piloto de reciclaje de escombros y confección de un nuevo concreto en 1998, cuando aprovechó el material resultante de la demolición de dos puentes; aproximadamente 1400 toneladas fueron empleadas en un nuevo concreto para los cimientos y baldosas del suelo de nuevos edificios, lo que significó un ahorro de 15 dólares por tonelada con respecto a la demolición y depósito del material siguiendo los métodos tradicionales.(p.109).

En muchos países la trituración y la reutilización de escombros lo realizan habitualmente los contratistas de demolición. Estas actividades se realizan muchas veces por iniciativa de los empresarios, quienes evalúan los costos de transportar residuos, pagar por depositarlos y luego comprar materias primas naturales o nuevas. Pero esto puede resultar un esfuerzo tímido si no se tiene la participación de las autoridades municipales, ya que una política a nivel estatal es más engorrosa y se ha demostrado que no son efectivas.

La sostenibilidad de las ciudades se encamina más hacia el desarrollo de buenas prácticas locales, ya que se dan en medio del arraigo popular y del conocimiento de las necesidades específicas de la comunidad. Aquí deben ir de la mano autoridades, comunidad y academia, de tal forma que se generen procesos de transformación de hábitos en cuanto a problemas ambientales como el de los escombros y las materias

primas para concreto, que paulatinamente deriven en prácticas asimilables culturalmente por los habitantes de un barrio, una comuna o una ciudad.

El reciclaje de los residuos de construcción no solamente concierne a las comunidades más industrializadas, sino también a una demanda global con diferentes prioridades. Muchos países, que van desde los más industrializados como Holanda o Dinamarca, a otros en vías de desarrollo como Bangladesh, experimentan a partir de estas prácticas el ahorro de recursos naturales. Incluso países como Kuwait se dieron cuenta de sus demandas para comenzar a aplicar técnicas de reciclaje. En este último país, tras la ocupación de 1990 – 1991, se viene dando un especial incremento del tratamiento y reciclaje de grandes cantidades de residuos de la construcción. Esta demanda de reciclaje de materiales es común en todos los lugares donde los edificios y las instalaciones han sido dañados a causa de guerras, terremotos u otros desastres naturales.

En Latinoamérica se ha venido usando el reciclaje de residuos de la construcción, por causa de los desastres naturales ocurridos últimamente en la región. Por ejemplo en Haití después el terremoto del 12 de enero que devastó la Ciudad de Puerto Príncipe se generaron enormes cantidades de escombros por causa del suceso; lo que llevó a las diferentes empresas no-gubernamentales que se encargaron de la reconstrucción de esta ciudad la implementación de técnicas de reciclaje de escombros, con ayuda de algunas empresas norteamericanas como la Independence Recycling of Florida (IRF) que aportó dos trituradoras móviles que se encargan de transformar los escombros del terremoto, para su uso en nuevas construcciones. En otros países de la región la tecnología del reciclaje ya se venía usando, tal es el caso de Brasil y México, donde existen empresas establecidas de reciclaje de escombros. En Chile al igual que Haití se implementó el reciclaje de residuos luego de los terremotos

sufridos, para poder así aprovechar estos residuos y levantar el país con parte de estos residuos.

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

Desde hace años, se han dedicado numerosos estudios a la calidad y cumplimiento de las especificaciones técnicas de las materias recicladas. Estos informes llevados a cabo por RILEM TC- 37- DCR (Reunión Internacional de Laboratorios de Ensayos e Investigación sobre los Materiales y las Construcciones) sobre la demolición y reutilización del hormigón y elementos de mampostería.

Los resultados de estos estudios se vertieron en un documento titulado "Los agregados reciclados y el hormigón agregado reciclado, estado actual de la cuestión, 1945-1985", Torben C. Hansen (p 316). Estos resultados muestran como los fragmentos de hormigón triturados pueden usarse para muchas cosas y que el hormigón triturado es capaz de cumplir las especificaciones para los materiales agregados utilizados en el hormigón, y emplearse en muchas estructuras diferentes.

En Venezuela la construcción se ha quedado estancada empleando los mismos métodos constructivos durante años. Sin darse cuenta una gran cantidad de escombros producto de demoliciones, reparaciones y nuevos proyectos de estructuras son

producidos anualmente, con lo que los depósitos de escombros se están convirtiendo en un serio problema social y ambiental para las ciudades debido a la necesidad de disponer de terrenos para su vertimiento, como también el alto costo que implica su manejo.

En nuestro país el sector de la construcción es algo conservador en cuanto acoger nuevos elementos y técnicas, esto se ha visto reflejado numerosas veces cuando se ha tratado de introducir cambios importantes.

Todo esto debido a la poca importancia que tiene el reciclado de escombros o a la poca visión que tiene el constructor venezolano para permitirse innovar y trabajar con nuevos procesos que se están empleando en el mundo entero; gracias a la gran variedad de técnicas y facilidad de uso que permite este tipo de material.

Por tal razón surge la inquietud de esta investigación para aprovechar estos residuos de la construcción y utilizarlos como agregados en elementos estructurales. De esta manera prolongar de la vida útil de los espacios de vertido, los ahorros de consumo de materiales vírgenes o importados y de consumo energético asociado a la fabricación de productos a los que sustituyen, así como la preservación de espacios naturales debida a una menor necesidad de explotación de recursos minerales.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Analizar la incorporación de materiales reciclados a partir de los residuos de la construcción, para ser usados como agregados en elementos estructurales o no estructurales.

1.2.2 Objetivos específicos:

- 1.-Describir las tendencias actuales sobre reciclado de residuos de la construcción.
- 2.-Determinar las características mecánicas de los materiales reciclados en la mezcla de concreto mediante ensayos y procedimientos convencionales de diseño, según las normativas COVENIN 338.
- 3.-Comparar los resultados obtenidos con la mezcla de concreto con material reciclado y las de concreto convencional.
- 4.-Analizar el costo de construcción con concreto reciclado y compararlo con el costo requerido en la construcción de concreto convencional.
- 5.-Identificar, de acuerdo a las características y naturaleza de las mezclas de concreto obtenida, el uso más apropiado en la construcción como elemento estructural o no estructural.

1.3 Justificación

La construcción es una actividad que produce un fuerte impacto en el ambiente, a través de la producción de residuos en sus distintas etapas, entre otros aspectos. Es una actividad constante y progresiva, ya que las necesidades sociales de distintas tipologías arquitectónicas también lo son.

El problema de los residuos de la construcción se agrava en los países como el nuestro en vías de desarrollo, donde todavía no se ha tomado conciencia suficiente acerca de la necesidad de recurrir a prácticas más ecológicas y que la preservación de los recursos se logra a través de los conceptos de: reducción, reutilización y reciclaje.

Desde un punto de vista puramente económico, el reciclaje de residuos de construcción resulta atractivo cuando el producto reciclado es competitivo con las materias primas en relación al costo y calidad. Los materiales reciclados serán normalmente competitivos donde exista falta de materias primas y lugares de vertido adecuados. Con el uso de los materiales reciclados, se pueden obtener grandes ahorros en el transporte de residuos de la construcción y materias primas.

Si bien la reutilización no es actualmente una costumbre local, hay profesionales que consideran la alternativa de adquirir materiales o componentes usados siendo ellos mismos quienes acuden a los comercios para verificar las condiciones de los materiales, en algunos casos, para reducir costos y, en otros, para adquirir elementos de un determinado estilo, en pos de la conservación del patrimonio arquitectónico.

1.4 Alcance de la investigación

Por medio de la elaboración de esta investigación se pretende analizar la incorporación de materiales que pueden ser reciclados de los residuos de la construcción y utilizarlos como agregados para elementos estructurales o no estructurales. Mediante la incorporación de materiales reciclados al proceso constructivo venezolano se espera que aumente la vida útil de los rellenos sanitarios y evite la degradación de recursos natural.

CAPITULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área

El estado Bolívar limita por el Norte con el río Orinoco que lo separa de los estados Monagas, Anzoátegui y Guárico; por el Sur con el estado Amazonas y Brasil; por el Este con Guyana y el estado Delta Amacuro y por el Oeste con el río Orinoco que lo separa del estado Apure. La frontera con Guyana esta en litigio y la zona en reclamación se extiende hasta el río Esequibo.

La entidad se divide, según la Ley de División Político - Territorial del 29 de diciembre de 1995 en once (11) municipios, y cuarenta (40) parroquias. Ocupa el 26.24 % del territorio Nacional, con una superficie de 240.528 km², es el estado con mayor superficie del país.

La capital del estado es Ciudad Bolívar, situada sobre una colina a 54 metros sobre el nivel del mar, a orillas del río Orinoco y a 422 Km de su desembocadura, en la parte más angosta del río. Fue fundada por Antonio de Barrio el 21 de diciembre de 1595.

Luego fue mudada en tres ocasiones y en 1764 asentada definitivamente. Eligieron para su fundación un cerro rocoso donde el río se adelgaza y se hace más angosto, de allí Angostura, siendo su nombre completo Santo Tomé de la Guayana de la Angostura del Orinoco.

Ciudad Bolívar, rica en historia, es una de las pocas ciudades que aún conserva su arquitectura colonial y se caracteriza por tener de escenario principal el hermoso

río Orinoco. La capital se encuentra a una distancia de 591 Km de Caracas, a 296 Km de Barcelona, a 1126 Km de Maracaibo, a 804 Km de Barquisimeto y a 1065 Km de Mérida. Tiene accesos por carretera desde El Tigre (estado Anzoátegui) y Ciudad Guayana y por vía aérea hacia el Aeropuerto. Ciudad Bolívar. (Figura 2.1).



Figura 2.1 Mapa Político de la República Bolivariana de Venezuela. (www.mipunto.com/venezuelavirtual/mapas/,2007).

2.2 Acceso al área

El relleno sanitario de la capital regional, ubicado a unos tres kilómetros de la ciudad, justo en la vía hacia Caicara del Orinoco, que de acuerdo a las clasificaciones de las carreteras del país es la troncal 19. A medida que se adentra en el lugar, en una

vieja carretera a unos mil 700 metros de la vía hacia Caicara del Orinoco (troncal 19). (Figura 2.2).

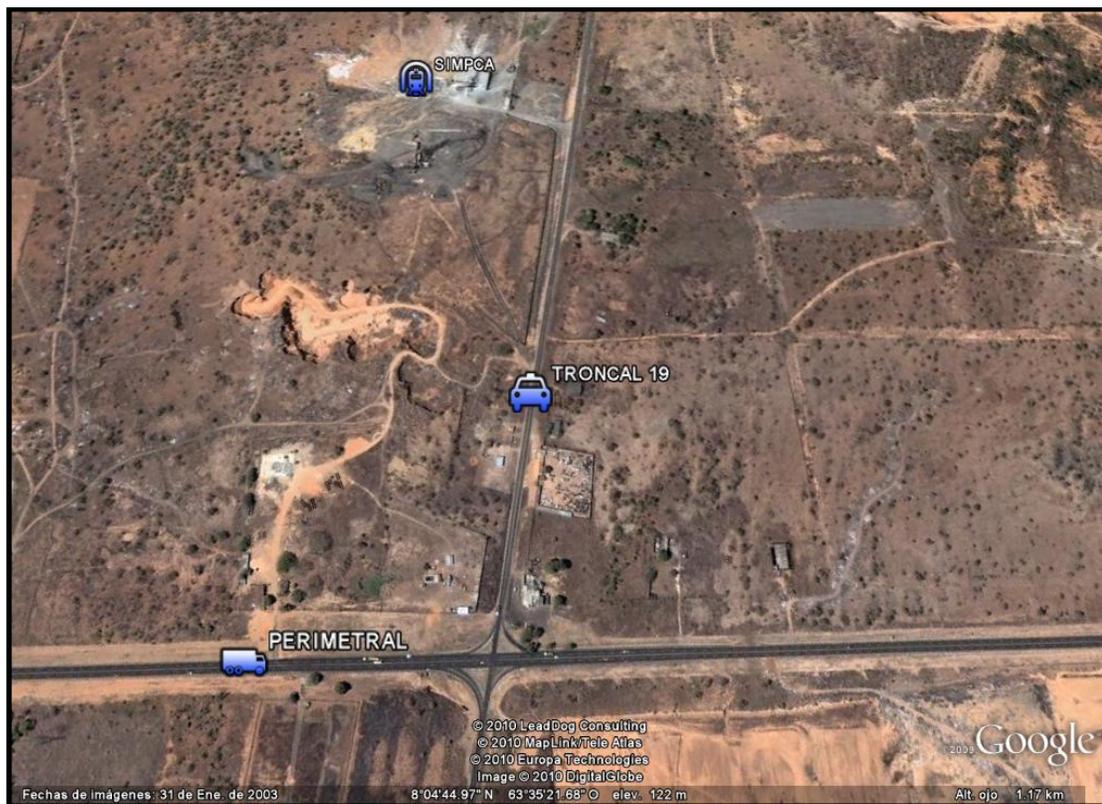


Figura 2.2 Mapa de ubicación hacia Planta de concreto SIMPCA del municipio Heres. (Google Earth, 2010).

2.3 Características físicas y naturales

Ciudad Bolívar está asentada en la ribera Sur del río Orinoco entre los ríos Marhuanta y Orocopiche que limitan al Este y Oeste, respectivamente.

2.3.1 Geología

El área está conformada por una llanura aluvial en la franja paralela al río Orinoco, las cuales presentan afloramientos ígneos de la Formación Imataca que conforman colinas redondeadas sobre las cuales está ubicado el Casco Histórico; además de entalles de materiales de la Formación Mesa que produce un paisaje de pendientes suaves.

2.3.2 Altitud

La altitud es uno de los factores que ejercen mayor influencia en la modificación del clima. El relieve del estado Bolívar presenta altitudes que oscilan entre los 200,00 y 500,00 metros sobre el nivel del mar en las márgenes del río Orinoco, hasta los 2.800,00 metros sobre el nivel del mar en el Monte Roraima. Ciudad Bolívar se ubica entre los 12,00 en su parte más baja, en la orilla del río Orinoco y los 125,00 metros sobre el nivel del mar, en la parte más alta de la ciudad, la cual se encuentra ubicada al Sur de la misma.

2.3.3 Temperatura

Las áreas más cálidas están al Norte del estado Bolívar, en alturas ubicadas hasta los 500,00 metros sobre el nivel de mar, que corresponden principalmente a los llanos de inundación de río Orinoco; a lo largo de todo el estado la temperatura media alcanza 28°C aproximadamente, mientras en Ciudad Bolívar ubicada al Norte la temperatura media anual es de 27,3°C. La oscilación térmica anual no pasa de 3°C, mientras que entre el día y la noche es sumamente marcada.

2.3.4 Precipitación

La distribución espacial de las precipitaciones varía sensiblemente de Este a Oeste y de Norte a Sur, y en general la pluviosidad aumenta a medida que se avanza al Sur y al Este. Al Norte existe una precipitación moderada desde mayo a septiembre; las lluvias más fuertes se presentan entre junio y julio, y van disminuyendo en intensidad hasta alcanzar la mínima entre noviembre y marzo. El promedio de precipitación varía entre los 1000 y 1500 milímetros para la zona Norte y la Cuenca del Caroní; en la zona Sur el promedio varía entre los 2000 y 2800 milímetros.

2.3.5 Vientos

Los vientos predominantes son los Alisios del Noreste y del Sureste; los del Noreste ejercen su acción en la zona Norte mientras que los del Sureste ejercen su acción al Sur y al Oeste del estado, lo que explica la importancia de los Alisios del Sur sobre esta parte del territorio. Los vientos son débiles especialmente en las zonas cubiertas por la selva, y son bastantes fuertes sobre las riberas de los ríos y en las sabanas abiertas que existen en el estado.

2.3.6 Clima

De acuerdo a la clasificación climática de Koeppen en el estado Bolívar, están presentes los siguientes tipos de clima: el clima Af (clima de selva), el clima Am (clima tropical tipo monzónico) y el clima Aw (clima de sabanas). Ciudad Bolívar se encuentra ubicada al Norte del paralelo 6°, por lo tanto en la zona con clima de sabanas, caracterizada por tener altas temperaturas todo el año, la estación seca está

entre Diciembre y Marzo. Desde el punto de vista económico el potencial asociado al clima de sabanas, presenta el mayor potencial económico de la región mientras tenga suministro continuo de agua.

2.3.7 Vegetación

De acuerdo con la clasificación ecológica por el método de Holdridge en el estado Bolívar, la zona donde se encuentra ubicada el área de estudio corresponde a bosques, asociados a la presencia de tierras bajas ubicadas por debajo de los 100,00 metros sobre el nivel del mar, en este caso representada por los bosques de galería ubicados en las márgenes del río Orinoco los cuales forman una asociación edáfica siempre verde, monoestratificada, con las raíces en la zona de saturación de humedad, con una altura hasta los 25,00 metros. Al Sur de Ciudad Bolívar están presentes formaciones herbáceas caracterizadas por ser una formación vegetal monoestratificada donde predominan gramíneas perennes y dispuestas en macollas, exentas casi totalmente de elementos arbóreos o arbustivos, aunque pueden ser interrumpidas con la presencia de morichales y bosques de galerías.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

La enorme densidad de población, junto con el importante desarrollo económico producido en los últimos años en el sector de la construcción conlleva, como efecto negativo para el medio ambiente, el notable aumento de la generación de residuos y, por ello, la necesidad de habilitar mecanismos de gestión adecuados y capaces de dar una respuesta ante tal situación.

Estos residuos generados representan un gran volumen y constituyen un gran problema debido a que su generación va en aumento. Los residuos generados no se gestionan de manera individual y cualquier residuo, de cualquier origen, tiene como destino final el vertedero. Estos vertederos se diseñaron en un principio lejos de los núcleos urbanos, pero el actual crecimiento demográfico hace que estos, actualmente, se encuentren cerca de los núcleos de población y cada vez se necesiten vertederos de mayor tamaño.

Por este motivo debe surgir la motivación de la correcta gestión de estos residuos, por parte de las Administraciones nacionales y locales, generando planes que marquen las directrices para una correcta gestión de los mismos.

De este modo, se impulsan unas corrientes de investigaciones, iniciadas años atrás, que tienen como base el reciclado de los residuos de construcción y demolición. Por ejemplo:

Jorge Castilla Gómez (2003), realizó un trabajo de investigación para la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Madrid titulada “Fabricación de Concreto Reciclado” entre sus conclusiones expone que el hormigón elaborado con áridos reciclados es más parecido al hormigón convencional de lo que inicialmente se pudiera pensar. Sin embargo la menor calidad del árido reciclado hace que se limiten las potenciales aplicaciones debido a que dicho árido no alcanza la misma resistencia a compresión que un árido natural y tiene una mayor heterogeneidad en diferentes partidas de material, por lo que el empleo de áridos reciclados se limitará a hormigones estructurales de bajas prestaciones y hormigones de limpieza. (p.156).

Carlos M. Bedoya M. (2003), realizó un trabajo de grado para la Universidad Nacional de Colombia titulado “El concreto reciclado con escombros como generador de hábitats urbanos sostenibles”. En el cual concluye que las características técnicas y económicas del concreto reciclado arroja un panorama alentador. Sus capacidades físicas y mecánicas permiten pensar en la utilización de este material reciclado en la construcción de edificios como materia prima para elementos que no revistan un alto compromiso estructural. Además, su costo es un 7% menos comparado con un concreto natural, es un punto de partida positivo si se tiene en cuenta que al industrializar estos procesos de reciclado y masificar su producción el costo del producto terminado disminuya. (p.211).

Natalini M. Klees D. (2000), realizaron una investigación titulada “Reciclaje y reutilización de materiales residuales de construcción y demolición”. El mismo expone entre sus conclusiones la necesidad de limitar la producción y maximizar la reutilización de los residuos de construcción, con dos objetivos básicos: el de reducir la extracción de recursos naturales y el de reducir el vertido de residuos, especialmente de materiales potencialmente útiles. (p.145).

3.2 Bases teóricas

3.2.1 Reciclado de materiales de construcción

El reciclado de materiales de construcción en la actualidad es ya una realidad, con esto se pretende ofrecer una visión global de la problemática y situación referente a los residuos de construcción y demolición (RCD).

Tras presentar algunas de las principales características (generación y composición) de tales residuos, se pasa a revisar de forma genérica las soluciones comúnmente adoptadas para su tratamiento y eliminación, incidiendo especialmente en las posibilidades de reciclado de los mismos, los problemas con que esta actividad habitualmente se encuentra y las tendencias de futuro.

Dichas consideraciones se complementan con las de caracteres medioambientales asociados a la producción y gestión de estos residuos.

En una aproximación genérica, se puede realizar una clasificación de los RCD de acuerdo al tipo de actividad y objeto de la obra que los genera. La tabla 3.1 muestra tal clasificación, incluyendo los principales componentes de los residuos en cada caso.

Tabla 3.1 Clasificación de los RCD de acuerdo con el tipo de actividad (D.H.V. Consultores España S.L.).

Actividad	Objeto	Componentes principales	Observaciones
Demolición	<p>Viviendas</p> <p>Otros edificios:</p> <p>Obras públicas</p>	<p>Antiguas: mampostería, ladrillo, madera, yeso, tejas</p> <p>Recientes: ladrillo, hormigón, hierro, acero, metales y plásticos</p> <p>Industriales: hormigón, acero, ladrillo, mampostería</p> <p>Servicios: hormigón, ladrillo, mampostería, hierro, madera.</p> <p>Mampostería, hierro, acero, hormigón armado</p>	<p>Los materiales dependen de la edad del edificio y del uso concreto del mismo en el caso de los de servicios</p> <p>Los materiales dependen mucho de la edad y el tipo de infraestructura a demoler. No es una actividad frecuente.</p>
Construcción	<p>Excavación</p> <p>Edificación y Obras Públicas</p> <p>Reparación y mantenimiento</p> <p>Reconstrucción y rehabilitación</p>	<p>Tierras</p> <p>Hormigón, hierro, acero, ladrillos, bloques, tejas, materiales cerámicos, plásticos, materiales no férreos.</p> <p>Suelo, roca, hormigón, productos bituminosos.</p> <p>Viviendas: cal, yeso, madera, tejas, materiales cerámicos, pavimentos, ladrillo.</p> <p>Otro: hormigón, acero, mampostería, ladrillo, yeso, cal, madera.</p>	<p>Normalmente se reutilizan en gran parte.</p> <p>Originados básicamente por recortes, materiales rechazados por su inadecuada calidad y roturas por deficiente manipulación.</p> <p>Generación de residuos poco significativa en el caso de edificación.</p>

Como es lógico, las diferencias existentes entre los distintos países en lo que se refiere a materiales utilizados (sobre todo en viviendas tradicionales), prácticas constructivas y desarrollo tecnológico del sector de construcción y demolición, constituyen un factor determinante a la hora de establecer los componentes principales de los RCD.

Dentro de la diversidad de materiales existentes en las edificaciones, no podemos dejar de mencionar que sobre todo en los países tercermundistas, muchos de estos materiales no nos servirían para dicho reciclaje, porque su constitución química y física no nos permite obtener los resultados que buscamos con el concreto.

3.2.2 Generación y composición de los residuos de construcción y demolición.

La cuantificación del volumen de producción y composición de los RCD todavía se enfrenta al problema de la falta de datos o estadísticas viables 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.

Por otra parte, 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, otros.

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 periodo: que afecta indudablemente a la cantidad de RCD generados.

Política vigente 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.

A continuación se resumen algunos de los datos disponibles en lo referente a producción de RCD en varios países de la Unión Europea. La disponibilidad de datos desglosados por orígenes de los residuos (construcción, demolición, reparación y rehabilitación) es muy reducida por lo que, mientras no se indique lo contrario, las cifras corresponden al conjunto de los RCD producidos.

Como puede deducirse del contenido de la tabla 3.2, la viabilidad de las cifras en ella expresadas varía ampliamente de un país a otro, lo cual refleja en buena medida los diferentes niveles de atención que los gobiernos y empresas del sector privado prestan a este tema en los distintos ámbitos considerados. A este respecto, los valores estimados para Alemania, Dinamarca, Holanda y Reino Unido son los que

cuentan con mayor respaldo, siendo por otra parte estos países los que han profundizado más en la materia.

Tabla 3.2 Cifras de producción de RCD en países de la UE.

País	Producción (Miles T.)	Producción Per- Cápita (kg./hab./año)	Observaciones
Alemania	53.000	880	Datos de 1980
Bélgica	7.000	700	(1)
Dinamarca	6.500	1.275	
España	11.000	285	(2)
Francia	30.400	580	Datos de 1978
Grecia	-	-	-
Holanda	14.000	940	
Irlanda	400	110	(1)
Irlanda	2.750	50	Datos de 1977 (3)
Reino Unido	50.000	900	(1)

(1): No incluye tierras de excavación ni RCD provenientes de obras públicas.

(2): Sólo incluye residuos de demolición de edificios.

(3): Incluye residuos de demolición y de construcción de nuevos edificios.

Entrando en la consideración de la procedencia de los RCD, se pueden estimar las siguientes distribuciones orientativas, correspondientes a 1990:

Alemania: 62% de obras de construcción, demolición y ampliación o reforma de edificios; 32% de obras de demolición, rehabilitación o ampliación de infraestructuras.

Dinamarca: 10% de obras de construcción, 27% de obras de reparación y conservación y 63% de trabajos de demolición. Estas cifras corresponden básicamente a RCD procedentes de edificación.

Holanda: 23% de edificios de viviendas, 44% de otros edificios y 33% de obras de infraestructuras.

En lo que se refiere a la composición de los RCD, se incluyen en la tabla 3 algunos datos relativos a los países de los que se dispone de información más viable al respecto. A la hora de evaluar tales datos, es preciso tener en cuenta que la definición exacta de las fracciones indicadas e incluso, el propio concepto de RCD, puede variar de un país a otro, por lo que la comparación entre las distintas composiciones presentadas ha de ser en todo caso cauteloso.

Tabla 3.3 Composición de los RCD (% en peso) en diversos países 1990.

Fracción	Alemania (1)	Dinamarca (2)	Holanda	Reino Unido (3)
Hormigón	34	40	44	50
Fábricas	32	52	27	40
Materia granular			20	
Fracciones			3,4	
Tejas			0,6	
Maderas	13	8	2,3	1
Metales	12		1,4	0,3
Plásticos			0,3	

Nota:

- (1): Composición correspondiente a RCD de obras de edificación.
- (2): Composición correspondiente a residuos de demolición de edificios.
- (3): Composición correspondiente a residuos de demolición

La observación de la tabla permite concluir que, dejando de lado las matizaciones referentes al origen concreto de los residuos, las fracciones mayoritarias en peso de los RCD corresponden a hormigón, fábricas diversas (ladrillo, bloque, mampostería) y material granular indiferenciado.

Por el contrario, la madera puede ser significativa en obras de demolición de algunas viviendas antiguas, los metales (sobre todo férricos) en obras de demolición de edificios industriales y ciertas estructuras ligadas a obras civiles, los productos bituminosos se limitan prácticamente a obras de reparación o ampliación de carreteras y los plásticos aparecen particularmente en obras de demolición de viviendas más recientes.

3.2.3 Gestión de los residuos de construcción y demolición

La gestión de los RCD (al igual que la de otros tipos de residuos) presenta en la actualidad un panorama muy diverso en función del ámbito geográfico que se trate.

En general, son los países que poseen una mayor tradición en el planteamiento estratégico de los temas medioambientales y aquellos en los que algunas de las materias primas utilizadas en el sector de la construcción (en particular, los áridos) son bienes escasos, los que han adoptado las principales iniciativas tendentes a regular dicha gestión, haciendo especial hincapié en las posibilidades de reutilización, reciclado y/o generación en materiales secundarios.

En lo que se refiere al campo de la demolición (y sobre todo la de edificios), ha sido práctica tradicional en algunos países el retirar de forma previa a la demolición propiamente dicha aquellos materiales fácilmente extraíbles que pudieran tener cierto

valor en el mercado de la reutilización o reciclado. En el caso de los metales (tuberías, conducciones, etc.), madera (puertas y ventanas, suelos, otros.) y algunos materiales cerámicos (tejas).

En cuanto al resto de los materiales obtenidos en el proceso de demolición, la práctica habitual ha sido su transporte y vertido en un lugar lo más próximo posible al de origen de los residuos.

En algunos países (y para ciertas fracciones como para madera y plásticos) se ha utilizado la alternativa de la incineración. Así, por ejemplo, se estima que en Holanda el 5% de los RCD producidos en 1990 se han incinerado, destinándose a vertido controlado el 35% y recuperándose o reutilizándose el resto (60%).

Por otra parte, existe una tendencia generalizada a incrementar en lo posible las cantidades de RCD que se recuperan para diversos usos (directos o indirectos), así como a habilitar instalaciones específicas para el vertido controlado de las fracciones no recuperadas.

En lo que se refiere a las tierras de excavación, es mucho más habitual su empleo como material de relleno en la misma obra o en otras cercanas, o, en su defecto, destinarlas a vertederos, donde son utilizadas como material para las cubiertas temporales. Tanto en un caso como en el otro los costos de eliminación suelen ser nulos o insignificantes.

3.2.4 Recuperación reutilización y reciclado de los RCD

Se efectúa en primer lugar una somera revisión de las posibilidades genéricas de aprovechamiento de los RCD o sus fracciones para posteriormente entrar a considerar las limitaciones y obstáculos con los que habitualmente se encuentran las actividades de recuperación, reutilización y reciclado.

En una primera aproximación, los materiales contenidos en los RCD que técnicamente son aprovechables se pueden clasificar de la siguiente forma:

3.2.4.1 **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. En ciertos casos, la mezcla de residuos de demolición no seleccionados pero libres de "impurezas" puede ser directamente utilizada como material de relleno, subbases de carreteras o pavimento en vías temporales de tránsito de vertederos.

3.2.4.2 **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.

3.2.4.3 **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 investigación en este terreno se encuentra en continua evolución. De forma genérica, la principal aplicación de estos productos es la producción de áridos que a su vez pueden ser destinados a fabricar hormigón o servir directamente como bases en obras de carreteras.

Una condición habitualmente requerida para la producción de áridos a partir de RCD es que éstos se encuentren libres de cantidades significativas de acero (estructural o de armaduras), madera, vidrio, plásticos, cal, yeso, etc., lo cual obliga bien a proceder a una demolición selectiva, bien a separar las fracciones indeseables de forma previa a la producción de áridos.

Si bien es difícil evaluar la proporción de los materiales contenidos en los RCD que realmente se aprovecha, cabe estimar que la práctica en su totalidad de los metales no féreos (especialmente cobre, plomo, zinc y aluminio) son recuperados para su reutilización o reciclado.

En cuanto a la madera, hecha la excepción de piezas valiosas y/o bien conservadas, los porcentajes de recuperación varían entre 0 y 50% de unas zonas a otras, pudiendo adoptarse una estimación media del 20% como cifra orientativa.

Para el resto de las fracciones, los porcentajes de recuperación varían ampliamente en función de las áreas geográficas, las políticas y normativas existentes y la situación de los mercados. A título orientativo, la tabla 3.4 muestra los porcentajes de RCD recuperados del total de los producidos en varios países.

Tabla 3.4 Tasas de recuperación de RCD en varios países.

Año	Alemania 1990	Dinamarca1993	Holanda 1990
% de RCD recuperada	28	35	37

En todo caso, merece la pena profundizar en los aspectos que, potencialmente o de hecho, pueden suponer limitaciones a las actividades de aprovechamiento de los RCD. Entre ellos cabe destacar los siguientes:

3.2.4.4 Condiciones de carácter técnico: básicamente se refieren a dos aspectos: la influencia que las técnicas y prácticas de demolición utilizadas tienen en la calidad de los residuos obtenidos y, consecuentemente, en las posibilidades de aprovecharlos en condiciones económicamente viables.

Como norma general, la capacidad de aprovechamiento de un RCD (o fracción del mismo) es mayor cuanto mayor es la pureza del mismo y menor la presencia de elementos indeseables para el futuro uso que se pretende.

En este sentido, el sector de demolición viene desarrollando desde hace años nuevos procedimientos (como la demolición selectiva) en la línea descrita. En todo caso, la aplicabilidad real de los mismos queda condicionada por aspectos económicos (incremento de los costos de demolición, existencia de cláusulas de penalización por demora en el plazo de demolición u otros).

Las limitaciones de las técnicas de separación de fracciones del residuo bruto, que son especialmente relevantes cuando se trata de conseguir un alto grado de reutilización o reciclado.

Por otra parte, la recuperación absoluta de materiales correspondientes a fracciones minoritarias en los RCD plantea problemas técnicos cuando el residuo bruto se encuentra muy mezclado, a lo cual hay que unir la desventaja económica derivada de las pequeñas cantidades obtenidas y sus altos costos unitarios.

En este sentido, los costos de tratamiento están limitando seriamente la recuperación de casi todas las fracciones minoritarias de los RCD mezclados, a excepción de la madera y los plásticos, que pueden separarse a costos razonables mediante técnicas basadas en las diferentes densidades de los mismos y el resto de los componentes.

3.2.4.5 Condiciones de tipo normativo o legislativo: que se traducen por una parte en la regulación de la utilización de materiales reciclados o secundarios y por otra, en el establecimiento de una clara estrategia política de promoción de estas actividades a través de diversos mecanismos.

En el primer caso, la existencia de normas puede limitar la recuperación de materiales. Si bien algunas de estas normas responden a razones técnicas justificadas (como por ejemplo, evitar el uso de áridos de demolición con un contenido significativo de sulfatos solubles en la fabricación de hormigón), otras reflejan más la calidad de los materiales vírgenes habitualmente usados que las necesidades del usuario.

En el segundo caso, en la medida que una política clara está ausente de un determinado ámbito geográfico, los costos de eliminación sin aprovechamiento de los RCD suelen ser bajos como para ejercer un efecto disuasorio sobre los productores y orientar la solución hacia la reutilización o reciclado.

3.2.4.6 Condición de impuesto por el mercado de productos recuperados: incluso en condiciones económicas ventajosas para estos productos, pueden actuar en tres sentidos:

Por una parte, la calidad real o estimada de estos productos puede limitar su salida en el mercado por las razones anteriormente expuestas.

Por otra parte, los materiales recuperados suelen ser mucho más sensibles a las fluctuaciones de la demanda en el mercado de los materiales vírgenes a los que pretenden sustituir, especialmente cuando las tendencias de aquélla son a la baja.

Es más, ciertos ámbitos donde la oferta de determinados materiales vírgenes es amplia, los costos de materiales recuperados no pueden ser competitivos con los de aquellos, salvo en situaciones de extrema demanda. Éste es caso habitual en muchas zonas de España cuando de producción de áridos se trata.

Finalmente, la demanda de estos materiales puede verse seriamente afectada si no existe suficiente información acerca de la disponibilidad de los mismos y de su adecuación para utilizarlos en la fabricación de productos secundarios.

Este inconveniente se puede atenuar mediante la puesta en marcha de figuras similares a las ya existentes "Bolsas de residuos industriales".

3.2.4.7 Condiciones directamente ligadas a los costos de transporte: costos que limitan en buena medida la viabilidad económica de la recuperación propiamente dicha o cuando las distancias entre los lugares de producción, tratamiento y

almacenamiento de los RCD y utilización final del producto resultante son tan grandes que superan el valor de éste para el usuario potencial.

3.2.4.8 Condición derivados de los costos de eliminación de los RCD: sin duda, éste es un aspecto clave a la hora de evaluar la viabilidad global de la recuperación de componentes de los RCD, dado que, en la medida que resulte más costoso "deshacerse" del material como residuo puro, mayor será el interés del productor en encontrar una vía alternativa que pase por algún tipo de aprovechamiento.

En este sentido, los países más avanzados en la materia han seguido políticas similares a la línea de penalizar económicamente la eliminación de los RCD sin aprovechamiento, lo cual se ha traducido además en disminuciones de las cantidades totales de RCD producidas.

La tabla 3.5 resume, a título orientativo, la evaluación de las tarifas medias de vertido controlado de RCD en Dinamarca y Holanda.

Tabla 3.5 Evolución de tarifas de vertido de RCD.

Año	Dinamarca			Holanda		
	1987	1991	1993	1988	1990	1993
Tarifa de vertido (Ptas. /T).	800	3.500	3.900	1.600	3.200	6.500

Si se centra la cuestión en la recuperación de los componentes mayoritarios de los RCD para la producción de áridos, las soluciones técnicas dadas hasta la fecha se apoyan fundamentalmente en la puesta a punto de plantas fijas, móviles o semi-móviles en las que se desarrollan uno o ambos de los siguientes procesos: separación de componentes y trituración fraccionada.

Las características detalladas de cada una de estas plantas y su grado de complejidad son variables según los casos, habiéndose alcanzado altos niveles de sofisticación en algunas de ellas.

A modo de resumen, se incluye en la tabla 3.6 una estimación del número de ellas existentes en los países de la Unión Europea en 1990. (N.D: Datos no disponibles).

Tabla 3.6 Plantas de tratamiento de RCD en la Unión Europea 1990.

País	No. de Plantas	Observaciones
Alemania	+ de 300	Incluye la antigua RDA
Bélgica	40	Información de Flandes. El 75% de planta fijas
Dinamarca	17	7 fijas, 7 móviles y 3 semi- móviles
España	1	Localizada en Barcelona
Francia	10	Estimación de existencia en torno a Paris
Grecia	N.D.	
Holanda	60	45 fijas y 15 móviles
Italia	5	La mayor parte son móviles
Luxemburgo	N.D.	
Reino Unido	9	3 fijas, y al menos 6 móviles

3.2.5 Condiciones medioambientales

Aparte de las ya conocidas repercusiones ambientales asociadas a los trabajos de construcción y demolición (producción de ruidos y vibraciones, polvo, contaminación atmosférica, interferencias en el tráfico rodado o peatonal, otros), conviene recordar aquí otros aspectos ligados al transporte, tratamiento y/o eliminación de los RCD.

A este respecto, el transporte de RCD presenta efectos similares a los de cualquier otro transporte pesado, como la contaminación del aire por los gases de

escape, la producción de ruido y vibraciones, el consumo de recursos energéticos y sus efectos derivados, entre otros.

En esta área, la recuperación y reciclado de RCD tiene repercusiones beneficiosas en cuanto a disminuir los impactos ambientales asociados al transporte, debido básicamente a las reducciones de las cantidades de materiales a eliminar en lugares de vertido más distantes y de las cantidades de materiales vírgenes que son sustituidos por los recuperados.

En cuanto a la eliminación de los RCD, y dejando de lado los impactos de las fracciones incineradas, el vertido controlado puede causar impactos positivos siempre y cuando se realice con la finalidad de recuperar zonas degradadas o como material de cubierta en vertederos o similares.

No obstante, el vertido de RCD puede también causar impactos negativos si se realiza de forma incontrolada o en zonas de alto valor ecológico y/o económico, por no mencionar los problemas de inestabilidad geotécnica frecuentes en estos lugares de vertido.

Por otro lado, las actividades de recuperación de RCD presentan aspectos ambientales positivos y negativos. Entre los primeros cabe destacar la prolongación de la vida útil de los espacios de vertido, los ahorros de consumo de materiales vírgenes o importados y de consumo energético asociado a la fabricación de productos a los que sustituyen, así como la preservación de espacios naturales debida a una menor necesidad de explotación de recursos minerales.

En la vertiente negativa cabe destacar la generación de polvo, ruido, vibraciones y aguas residuales, además de las afecciones producidas en los emplazamientos de las plantas de reciclado o las posibles distorsiones del entorno socioeconómico ligadas a desplazamientos de la mano de obra y recursos desde las actividades extractivas y de producción de materiales vírgenes a las de recuperación y reciclado.

Finalmente son dignos de mención los posibles impactos sobre la salud causados por el inadecuado manejo y/o protección frente a componentes peligrosos que pueden existir en los RCD (particularmente en algunos de demolición), como el amianto.

3.2.6 Opciones de reutilización de RCD:

- 1.- Reutilización directa en la misma obra donde son generados los residuos. El ahorro es máximo; ni siquiera se requiere transporte.
- 2.- Reutilización en otras obras. Aparece la necesidad de transportar los residuos desde una obra a otra, con el costo económico y ecológico que ello implica. Esta opción incluye a su vez, dos alternativas: que se realice la venta de los residuos a otra empresa constructora (es necesario fijar precios y condiciones de suministro), o que los residuos sean utilizados en otra obra de la misma empresa (la empresa se beneficia porque no paga para utilizar determinados materiales, y no paga para deshacerse de ellos).
- 3.- Reutilización previa transformación. Incluye la modificación de la forma y propiedades originales de los productos. Es decir que los materiales, una vez

modificados, se utilizan como materias primas de nuevos productos, en la misma obra, en otra obra de la misma empresa, o vendidos a otras empresas constructoras.

3.2.7 Demolición selectiva

Una condición necesaria para el reciclaje de los residuos de construcción es una separación cuidadosa. Los residuos de las nuevas construcciones y de restauraciones se seleccionan bien en el lugar de producción o bien en un lugar especial de tratamiento. La separación de las diversas categorías de materiales resulta en estos casos bastante simple.

Por el contrario, la clasificación de los residuos de construcción procedentes de la demolición es un proceso más complicado. La demolición, hasta hace poco, se consideraba como un proceso poco técnico. Las principales metas de los contratistas eran una demolición rápida y el vertido de los cascotes. Las medidas especiales para separar diferentes tipos de materiales no se realizaban ya que eran incompatibles con la rapidez exigida al trabajo.

Una manipulación óptima y el reciclaje de los residuos de la construcción dependen de que los materiales se separen en el sitio y en coordinación con el proceso de demolición. Esto requiere que se introduzca la demolición selectiva, lo que obliga a que, antes y durante la demolición, se lleve a cabo una separación de las diferentes materiales, para prevenir la mezcla de materiales y la contaminación de las materias reciclables como la madera, el papel, el cartón y plástico, otros.

Naturalmente, esto hace que el proceso selectivo de demolición sea más caro en comparación a los métodos tradicionales de demolición. Los ahorros económicos, sin embargo, 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 la planta de reciclaje. También se ahorran los costos de transporte y tasas de vertido.

Por lo tanto, es necesario planificar y dirigir los trabajos de demolición de una manera completamente diferente a los métodos tradicionales. La demolición selectiva se realiza de manera contraria al proceso de construcción e implica los siguientes pasos:

- 1.- Sacar el desecho y las molduras no fijas.
- 2.- Desmantelar, comprendiendo limpiezas internas, quitar las puertas, ventanas, tejados, instalaciones de agua, electricidad y calefacción, etc. Esto respecto sólo a la estructura del edificio remanente.
- 3.- Demolición de la estructura del edificio.

El desmantelar los elementos no fijos se realiza primeramente a mano, mientras que la demolición de la construcción se lleva a cabo con técnicas y métodos apropiados. Si la construcción es, por ejemplo, una construcción de hormigón que se tira en el sitio, entonces puede hacerse con una apropiada selección y desmantelamiento de cada grupo "in situ". La separación puede hacerse mediante diamante, martillo rompe-pavimentos o voladura.

Después de la demolición y la separación, los materiales pueden trasladarse de sitio. Los materiales para el reciclaje u otros usos pueden ser vendidos directamente en el lugar o llevados a sitios temporales para almacenamiento o venta. Los materiales para el reciclaje se transportan a plantas de reciclaje, donde son cuidadosamente clasificados y triturados.

La planta de reciclaje normalmente incluye el siguiente equipamiento e instalaciones:

1.-Equipos de trabajo de tratamiento e instalaciones de búsqueda selectiva, separación y almacenamiento de materias primas.

2.-Planta de trituración para cascotes de ladrillos y hormigón.

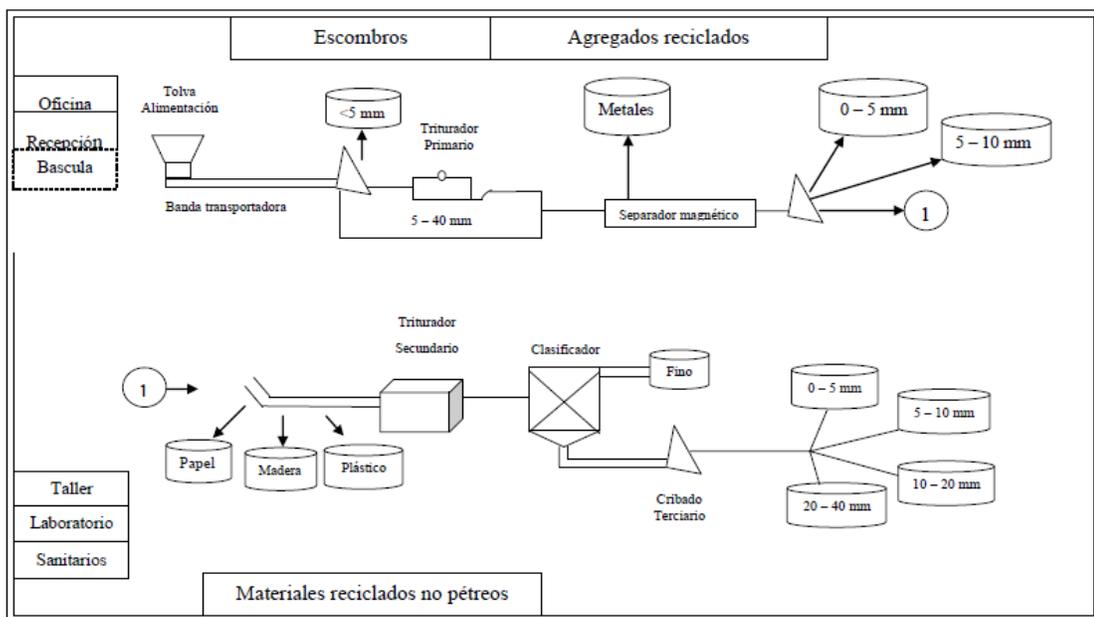


Figura 3.1 Esquema de instalación propuesta para reciclado de escombros de la construcción en México DF.

3.2.7 Aplicaciones para el concreto con agregado reciclado.

Una condición necesaria para que los productos reciclados encuentren su mercado como un sustituto para las materias primas es que satisfagan las exigencias técnicas y sean económicamente competitivos.

Desde hace años, se han dedicado numerosos estudios a la calidad y cumplimiento de las especificaciones técnicas de las materias recicladas. Estos informes llevados a cabo por RILEM TC- 37- DCR (Reunión Internacional de Laboratorios de Ensayos e Investigación sobre los Materiales y las Construcciones) sobre la demolición y reutilización del hormigón y elementos de mampostería, se hicieron en el período 1981-1988.

Los resultados de estos estudios se vertieron en un documento titulado "Los agregados reciclados y el hormigón agregado reciclado, estado actual de la cuestión, 1945-1985", Torben C. Hansen. Estos resultados muestran como los fragmentos de hormigón triturados pueden usarse para muchas cosas y que el hormigón triturado es capaz de cumplir las especificaciones para los materiales agregados utilizados en el hormigón, y emplearse en muchas estructuras diferentes.

Como continuación de este trabajo y como continuación de la documentación sobre materiales reciclados, en 1989 se reunió un nuevo comité de trabajo, RILEM TC-121-DRG, con el fin de establecer las guías para la demolición y reciclado del hormigón y los materiales de mampostería. Se espera que este comité concluya su estudio durante 1993.

En Dinamarca y Holanda también se han hechos estudios teóricos y prácticos sobre materiales reciclados. La tabla 3.7 ilustra las diferentes posibles aplicaciones para los materiales reciclados como resultado de la investigación en Dinamarca. Estos parámetros son la base de RILEM TC-121-DRG's del presente trabajo de la Guía RILEM.

Tabla 3.7 Ejemplo de las posibilidades de reutilización de los fragmentos de ladrillo y concreto.

Aplicación	Proyecto ejemplo	Material residual
Agregados en hormigón nuevo	Carreteras de hormigón	Hormigón triturado
	Aeropuertos, puertos y autopistas	"
	Pavimentos de hormigón en general	"
	Cañerías de hormigón	"
	Alcantarillado de hormigón	"
	Puentes	"
	Construcciones portuarias	"
	Plantas medioambientales:	"
	planta de tratamiento de agua	"
	estación de bombeo	"
	depósito de fertilizante	"
	vertedero	Hormigón/Ladrillo
	Edificios (casas, comercios):	triturado
	cimientos	Hormigón/Ladrillo
	suelos	triturado
divisiones horizontales	"	
paredes	"	
Cimientos en general	"	

<p>Agregado en asfalto nuevo</p> <p>Método de base suelta</p>	<p>Materiales de base suelta en pavimentos y parques</p> <p>Pasos de bicicletas</p> <p>Pavimentos</p> <p>Carreteras forestales</p> <p>Carreteras internas en la zonas residenciales</p> <p>Carreteras nacionales</p> <p>Carreteras comarcales</p> <p>Autopistas, aeropuertos y puertos</p> <p>Garajes y otros</p>	<p>Hormigón triturado</p> <p>Hormigón/Ladrillo triturado</p> <p>"</p> <p>"</p> <p>"</p> <p>Asfalto/Hormigón /Ladrillo triturado</p> <p>"</p> <p>"</p> <p>"</p>
<p>Material de relleno</p>	<p>Zanjas de cables</p>	<p>Ladrillo/Hormigón triturado</p>

A condición de que los costos de competencia sean libres, la elección entre materias primas y recicladas depende del precio y la calidad. La calidad de los componentes del hormigón reciclado es la misma que la del hormigón hecho con materias primas. Por lo tanto, los materiales del hormigón reciclado se preferirán donde los precios para cada componente es más bajo que los de las materias primas, siempre que las materias recicladas y naturales cumplan las mismas exigencias.

En el siguiente esquema están ilustrados diferentes casos, I-V, caracterizados por los niveles de calidad del reciclaje. Para cada uno de estos cinco casos se puede elaborar un modelo económico dado que se dispone de los datos necesarios para hacer los cálculos sobre los precios aproximados de los productos elaborados. Estos precios permiten compara la rentabilidad económica de las materias primas y las recicladas.

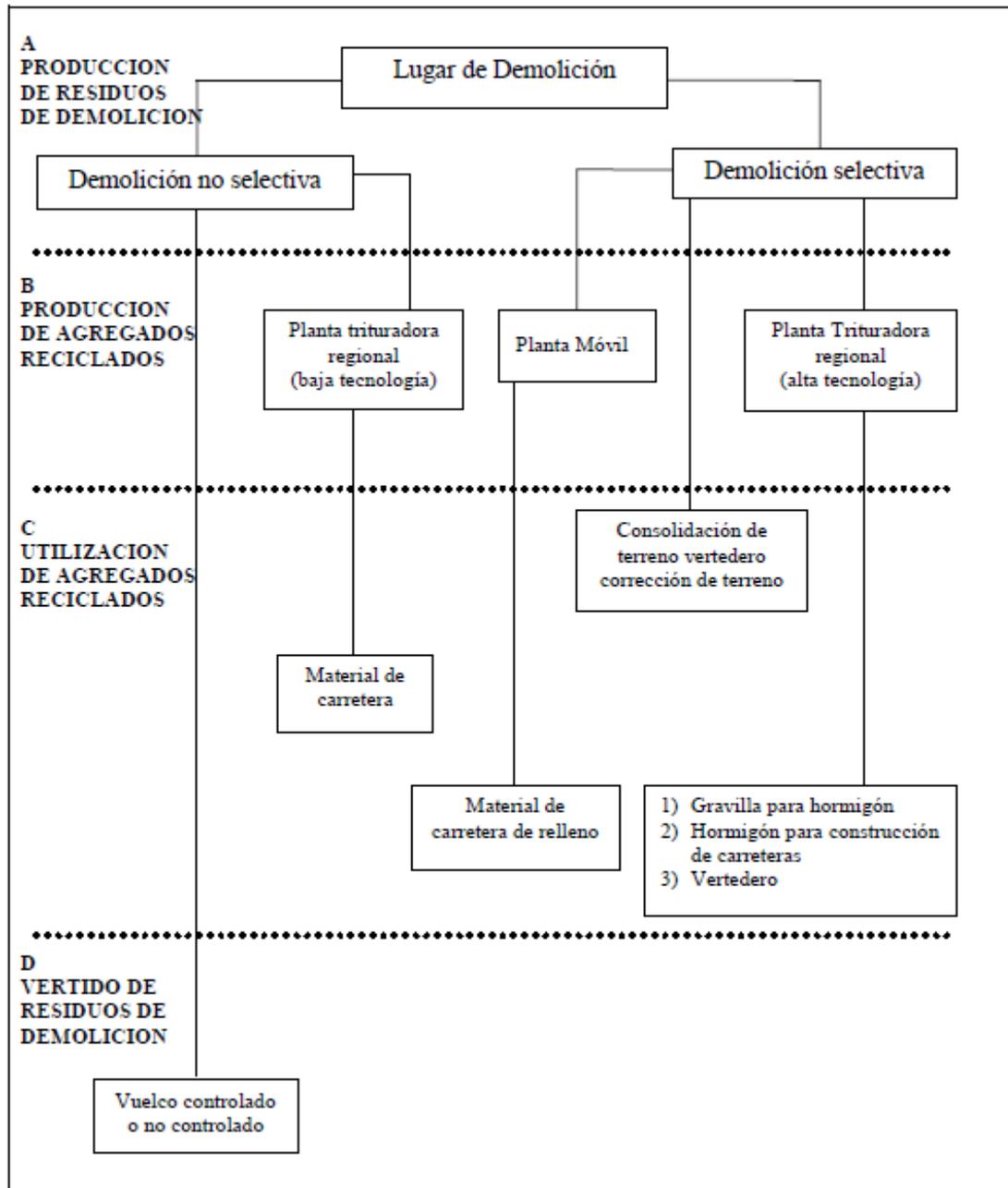


Figura 3.2 Esquema del modelo macro-económico basado en la investigaciones alemanas y danesas en conexión con el proyecto de la CEE.

El siguiente ejemplo reúne los factores de costo más importantes relativos a los residuos de la construcción (1 ECU + 1,2 dólar USA):

Transporte: 0,05- 2,5 ECU/hora/ km (0,05 con transporte > 50 km 2,5 con transporte < 25 km.). Vertido: 6,5 - 26 ECU/hora (no contaminado).

Trituración: 5, 0- 10 ECU/hora (dependiendo del tipo de planta y el tamaño).

Los costos extras deben preverse dependiendo del nivel de calidad:

- 1.- Demolición selectiva, generalmente un 10 -20% de aumento sobre los costos de la demolición tradicional.
- 2.- Tratamientos extra, por ejemplo, tamizado, limpieza, control de calidad, otros.
- 3.- Costos del vertido de los residuos refutados.

Varios países han introducido tasas especiales en favor del reciclaje. Dinamarca, por ejemplo, ha impuesto, desde el 1 de enero de 1990, una tasa de 130 coronas danesas (aproximadamente 16 ECUS) por tonelada de residuos que no se recicle.

Con la ampliación de los proyectos de reciclaje, al desarrollo urbano, la renovación de las autopistas o la reparación de los desastres de la guerra, el modelo económico estará dominado por los costes del transporte, como el traslado de los productos de demolición y el suministro de los nuevos materiales de construcción. En estos casos, el uso de materiales reciclados es muy atractivo.

Un proyecto piloto concluido recientemente en Dinamarca relativo a la demolición de dos puentes, aproximadamente 1.400 toneladas de hormigón sirvieron para los cimientos y las baldosas del suelo de nuevos edificios, lo que significó un ahorro total de 100 coronas danesas (unos 15 dólares aproximadamente) por tonelada con respecto a la demolición y depósito del material siguiendo los métodos tradicionales.

En Estados Unidos, la Asociación Federal de Carreteras, recicla los pavimentos de hormigón de manera habitual. Por ejemplo, durante la ampliación de siete mil carreteras en Wyoming, en 1985, el agregado fue una mezcla de materiales naturales y reciclados, con los que se ahorraron un 16%. El uso de materiales reciclados supuso un ahorro de 35.000-100.000 dólares USA por mil, en comparación a los métodos tradicionales.

Esto nos lleva a la conclusión de que las posibilidades de uso y marketing de los productos de hormigón reciclados son buenos y con unos precios competitivos. Existen, sin embargo, ciertas barreras mentales para el uso de los materiales reciclados. Esto causa dificultades considerables para una utilización racional de las posibilidades del reciclaje. En un programa para reciclar materiales de residuos de la construcción con la creación de plantas de tratamiento, es necesario hacer un gran énfasis a la información y educación junto a la organización y control del flujo de residuos y la gestión de las materias primas.

3.2.9 Organización y control de los sistemas de reciclaje.

En muchos países, incluyendo varios estados miembros de la CE, Estados Unidos y Japón, la trituración de residuos de construcción y la reutilización de materiales para relleno la realizan habitualmente los contratistas de demolición. Estas actividades de reciclaje se llevan a cabo de acuerdo a la propia iniciativa de los empresarios, quienes evalúan los costos de la operación o las condiciones concernientes al depósito de residuos de la construcción sin regulación real o coordinación desde las autoridades.

En Holanda y Dinamarca fue necesario realizar el control y la coordinación del tratamiento de residuos dentro de ciertas regiones geográficas. Los beneficios que se pueden obtener con este control del tratamiento de los residuos de la construcción incluyen los siguientes:

- 1.-Reducción de los residuos que se vierten y por lo tanto una óptima utilización de la capacidad disponible del vertedero.
- 2.-El mayor reciclaje posible de los residuos de la construcción y una óptima utilización de los productos reciclados.
- 3.-La coordinación de las diferencias y posibles conflictos de intereses relacionados con la demolición y el vertido de los residuos de construcción.
- 4.-La limitación y prevención de los daños medioambientales respecto a un incorrecto tratamiento de estos residuos, especialmente por vuelco y depósito de residuos contaminados de la construcción.

Dado que el reciclaje de residuos de la construcción está especialmente dirigido a suplir las materias primas, entonces es apropiado que sean las propias autoridades las que controlen y coordinen las actividades de reciclaje desde una completa evaluación de la gestión de materias primas en cada región.

El control de los residuos que va desde la producción de residuos hasta su reciclado o vertido, depende de sistemas de control aceptables, como por ejemplo leyes y reglas, impuestos y exenciones, planes de aprobación y control, junto con sanciones. La mayoría de los residuos de la construcción se origina en los trabajos de demolición y el permiso para estos trabajos es concedido normalmente por las autoridades de urbanismo. Esto significa que el contratista o propietario de la obra puede ser obligado a dirigir una demolición selectiva y disponer los residuos separados seleccionados en algunas plantas de tratamiento. En Dinamarca, la ley obliga a los condados a enviar los residuos a una o más plantas que hayan hecho arreglos con el condado respectivo para recibir los residuos a unos precios determinados. El contratista también debe advertir la cantidad y tipo de residuos. Esto garantiza que se lleve a cabo un tratamiento adecuado del tráfico de residuos desde el principio.

La planta de tratamiento y debe asegurar unas mínimas distancias de transporte, es decir situarse lo más cerca posible del centro de la ciudad donde se originan la mayoría de los residuos de la construcción y donde se da una más alta demanda de reciclaje de materias primas. Dependiendo de las actividades locales, se pueden habilitar vertederos temporales de residuos y pequeñas plantas móviles que pueden emplearse para un tratamiento primario de los residuos. Una planta regional de reciclaje debería estructurarse para cubrir las demandas locales de materias primas.

La venta de los materiales de las plantas de tratamiento debería coordinarse con la venta local de materias primas. Esto requiere que las partes interesadas se reúnan para concretar la marcha de los trabajos, por ejemplo los contratistas de demolición, compañías de transporte, la industria de las materias primas, de la construcción, las plantas de tratamiento de residuos y los inversores privados y públicos.

Es importante que se fijen los sistemas de reciclaje, las estrategias con objetivos explícitos y apropiados para el tratamiento de los residuos. Estas estrategias se tienen que concertar con la situación de la política local referente a los proyectos de reconstrucción, desarrollos portuarios, otros.

Como conclusión, remarcar que el reciclaje de residuos de la construcción ofrece un amplio número de posibilidades para reducir el nivel de residuos. Está comprobado que una cantidad de material reciclado puede usarse para reemplazar las caras materias primas. Es cierto, están las barreras de la tradición, pero hay que vencerlas para ilustrar que la reutilización de residuos de la construcción es el camino del futuro.

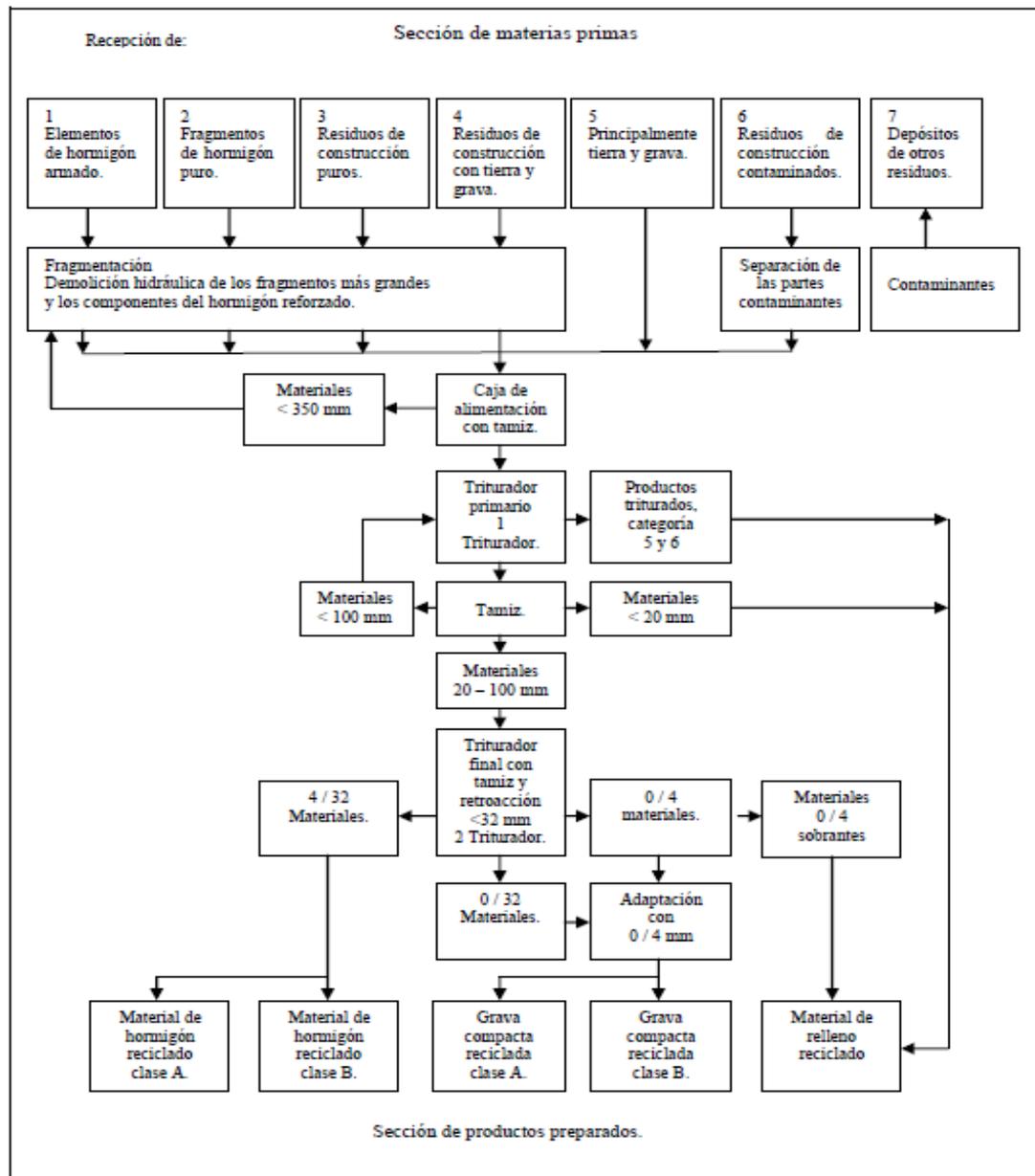


Figura 3.3 Alternativa para la producción de materiales reciclados.

Un ejemplo de algunas posibles alternativas para la producción de productos reciclados siguiendo las recomendaciones de la asociación danesa de hormigón para el uso de agregados reciclados para el hormigón que no dañan el medioambiente.

3.2.10 Procedimientos para la obtención de agregado grueso a partir de RCD.

En la actualidad existen diversos países en el mundo, donde ya se encuentran operando plantas de reciclado de concreto. En Estados Unidos, por ejemplo, hay 14 plantas que realizan este procedimiento en el concreto no contaminado proveniente, principalmente de la demolición de pavimentos.

Regularmente, las operaciones de reciclado se realizan mediante una planta portátil alimentada por un cargador frontal que comprende un triturador de quijada; en ocasiones, un triturador secundario de cono, un tamiz vibrador y/o una banda transportadora. Las varillas de acero de refuerzo por lo general, se quitan manualmente.

En Europa, particularmente en los países bajos, las empresas constructoras en un radio de 20 kilómetros al de la planta, entregan el material de demolición para su eliminación contra el pago de unos derechos de acuerdo a las características del material.

En la actualidad, existe tecnología disponible para la eliminación de los contaminantes del concreto, por lo que es factible construir plantas de reciclado que acepten, no solamente el escombros de concreto no contaminado, sino también escombros que sí lo está.

Las plantas diseñadas tienen diversas capacidades que van desde 110 hasta 680 toneladas hora de concreto demolido. La experiencia americana ha determinado que es económicamente atractivo combinar una planta de reciclado de concreto con el terraplenado, pues los camiones que llevan el escombros a la planta, lo pueden hacer también con el agregado en el viaje de regreso. Los ahorros adicionales de transporte se derivan del hecho que los contaminantes de concreto no tienen que ser llevados a tiraderos distantes, sino que son depositados en el terreno.

Es conveniente el uso de unidades portátiles para todas las plantas, con el fin de que estas puedan ser trasladadas cerca de un nuevo sitio de relleno sanitario cuando el anterior ya está lleno.

Los procesos en una planta de reciclado se pueden resumir, de acuerdo a los siguientes puntos:

3.2.10.1 Limpieza preliminar y reducción de tamaño: el escombros que se lleva al sistema de reciclado está compuesto en su mayor parte por trozos de concreto con incrustaciones de varillas de refuerzo o de mallas de alambre. Además, contiene cantidades considerables de madera y de tabique, así como pequeñas cantidades de yeso, plástico y vidrio (esquema 3 y 4) En la etapa de limpieza preliminar se usan uno o más bulldozers para levantar las piezas grandes de escombros que no son de concreto.

Es necesario reducir el tamaño de los trozos de concreto que son demasiado grandes para que puedan ser introducidos en el sistema de reciclado. Esto se logra en las plantas por medio de uno o más martillos hidráulicos montados en retroexcavadoras (sin cucharones). La mayoría de los sistemas existentes no aceptan

varillas de refuerzo de más de 7 centímetros de longitud; las que son más largas deben cortarse mediante cortadoras de varillas. (fig. 3.4 y 3.5).

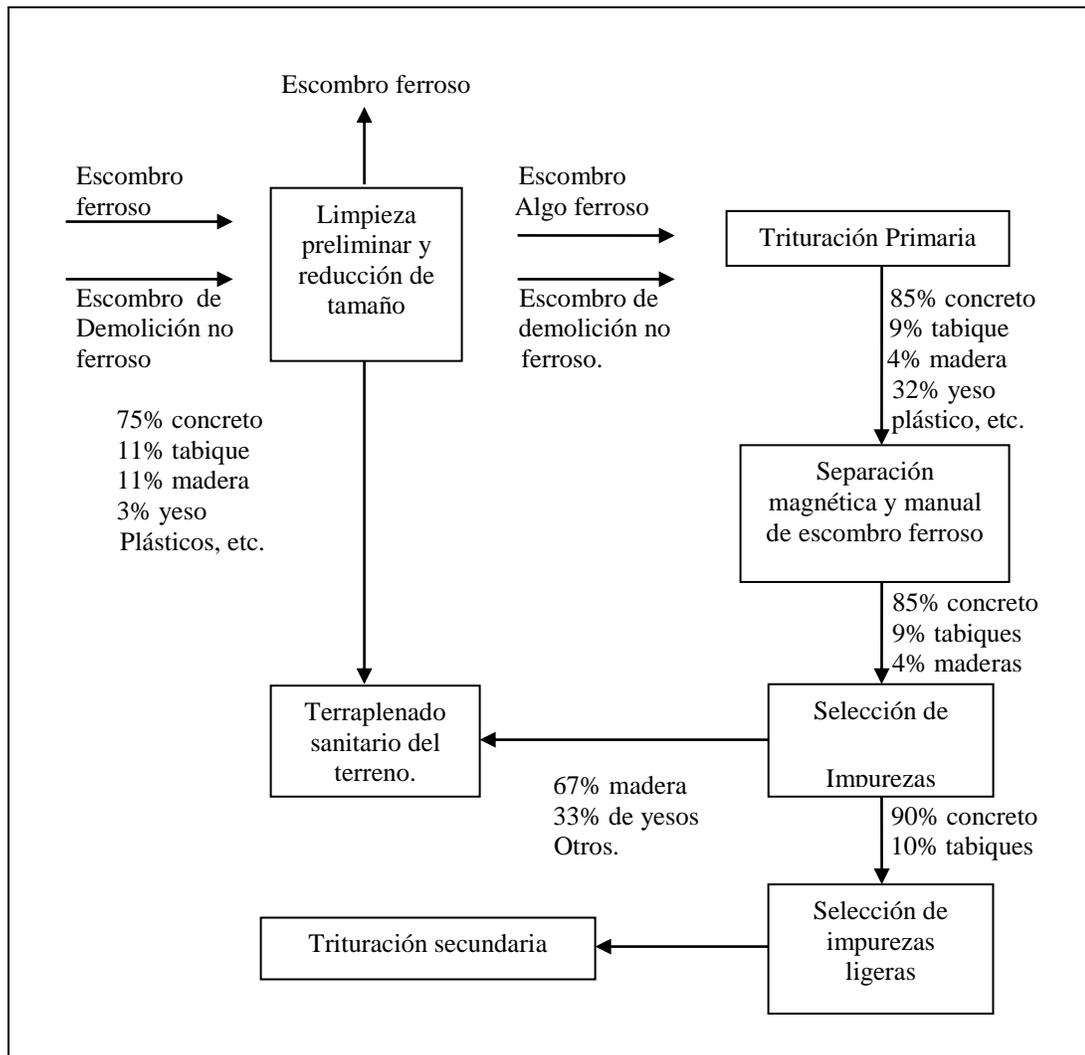


Figura 3.4 Balance de materiales para una planta de agregados de concreto reciclado.

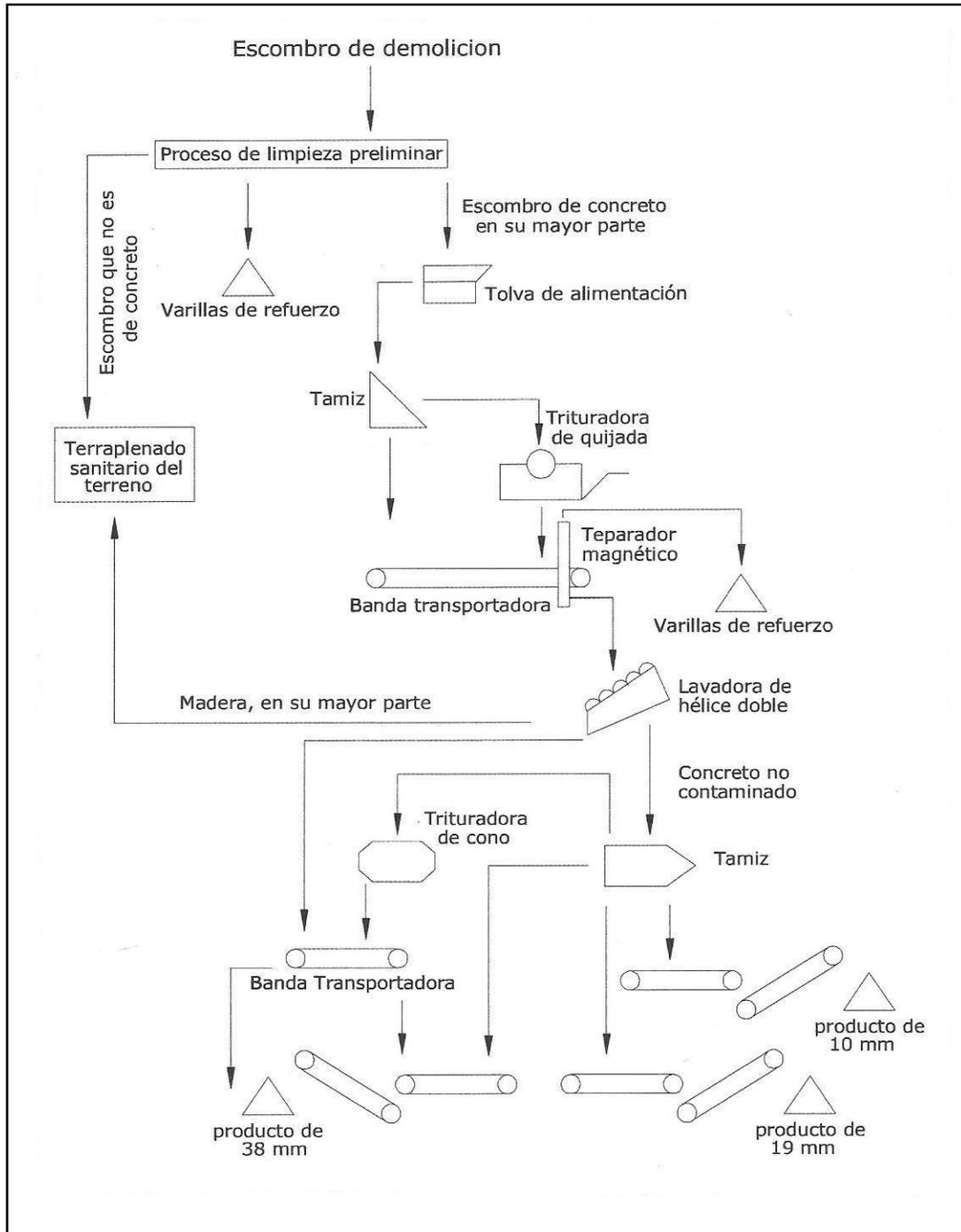


Figura 3.5. Esquema de planta de reciclado con una capacidad de 110-275 ton/h.

3.2.10.2 Trituración Primaria: después de las Operaciones de limpieza preliminar y de reducción de tamaño, se deposita el escombros dentro de una tolva, de la cual pasa a un tamiz que lo separa en dos categorías: escombros mayores que 10 cm y que necesitan triturado primario y escombros de menores que 10 cm, que no lo necesitan.

El equipo de alimentación usado en las 4 plantas comprende cargadores frontales. Además, en las dos mayores, se incluye una grúa de arrastre con cucharones, como ayuda en la operación de alimentación. Después del equipo mencionado siguen un alimentador y una tolva que vibran y regulan así el flujo del escombros hacia el tamiz.

En las tres plantas mayores diseñadas, esta última pieza del equipo es una placa perforada, y selecciona las varillas de acero que no están fijadas en el concreto, antes de alimentar el triturador primario de quijadas.

El escombros de concreto que entra al triturador de quijadas lleva aun trozos de Varillas; Por esta razón, se han seleccionado trituradores especiales para trabajo pesado, los que también cuentan con un dispositivo que libera la pedacearía de fierro.

En el triturador de quijadas, las varillas de aceros son separadas físicamente del concreto y descargadas a lo largo, a través de la abertura de descarga del triturador, en la banda transportadora situada debajo del triturador. Si la separación entre la abertura de descarga y la banda transportadora no es lo suficientemente grande, es posible que las varillas largas queden atoradas y obstruyan la abertura.

En la ciudad de Taylor, Michigan, se elevó el triturador de quijadas de 1.8 a 2.4 m sobre la banda transportadora y se instaló también una tolva de tipo giratorio

debajo de la abertura de descarga, para que las varillas cayeran sobre la banda transportadora en un ángulo más apropiado, Con los sistemas portátiles comunes no es posible lograr separaciones de 1.8 a 2.4 m debajo de la abertura de descarga, por esta razón, la planta de reciclado utiliza una banda transportadora provista de un ajuste de resortes que pueden mover la banda hacia abajo cuando alguna varilla larga obstruye la abertura de descarga.

3.2.10.3 Separación manual y magnética de fragmentos ferrosos: después de separar las varillas de acero de los trozos de concreto mediante el triturador de quijadas, se las selecciona manualmente cuando son lo suficientemente largas, o mediante un separador magnético superior y una polea magnética instalados al final de una larga y ancha banda transportadora que sirve como "mesa de selección".

Esta es la misma banda transportadora con dispositivo de resorte que está inmediatamente después del triturador de quijadas. Para evitar el paro total del sistema en caso de mal funcionamiento ocasionado por las varillas de acero, en el diseño de las tres plantas mayores se incluye una pileta de compensación que se usa como relevo, para que las operaciones secundarias (triturado secundario, lavado y tamizado) puedan operar independientemente de las operaciones primarias (alimentación, trituración primaria y selección magnética). El sistema de pila de compensación consiste en una zanja en el piso, provista de alimentador y banda transportadora.

3.2.10.4 Selección de impurezas ligeras: estas comprenden principalmente yeso, en la forma generalmente usada en la construcción, trozos de madera y de plástico. Para seleccionar estos materiales puede adoptarse alguno de los muchos procesos utilizados en la industria del procesamiento de agregados. Existe un

escurridor helicoidal que separa y selecciona simultáneamente las impurezas ligeras y escurre el agregado lavado, para que este ultime pueda pasar directamente al triturador secundario.

3.2.10.5 Trituración secundaria: después del escurridor helicoidal, se encuentra un tamiz que hace pasar el agregado mayor de 3.8 cm al triturador de cono para reducir aún más su tamaño. Este último es del tipo de cabeza corta y opera en círculo cerrado.

3.3 Bases legales

En cuanto a las normas y leyes que sustentan la investigación, se encuentra una serie de instrumentos legales representado en la Constitución de la Republica Bolivariana de Venezuela, la Ley de Residuos y Desechos Sólidos (LRDS).

3.3.1 Derecho a un ambiente sano

En términos generales, se puede señalar que el país cuenta con un marco constitucional muy completo de disposiciones, que soportan el derecho a contar con servicios de aseo urbano y domiciliario de calidad y una adecuada disposición final de residuos y desechos sólidos. Asimismo, el texto constitucional cuenta con disposiciones sobre salud pública, conservación ambiental y calidad de vida que sólo pueden ser alcanzados mediante la adecuada prestación de estos servicios.

3.3.2 Derecho a contar con servicios básicos esenciales y de calidad

El artículo 82 de la Constitución de la Republica Bolivariana de Venezuela, consagra el derecho a los servicios básicos esenciales, dentro del que indudablemente se encuentra el servicio de aseo urbano y domiciliario, e impone como obligación a toda la sociedad (Estado y ciudadanos) la satisfacción progresiva de este derecho. El mencionado artículo establece:

Artículo 82. “Toda persona tiene derecho a una vivienda adecuada, segura, cómoda, higiénicas, con servicios básicos esenciales que incluyan un hábitat que humanice las relaciones familiares, vecinales y comunitarias. La satisfacción progresiva de este derecho es obligación compartida entre los ciudadanos y ciudadanas y el Estado en todos sus ámbitos.” (p.19).

Estos servicios deben ser prestados en condiciones de calidad, conforme a lo establecido en el artículo 117 de la propia Constitución, que reza:

Artículo 117. “Todas las personas tendrán derecho a disponer de bienes y servicios de calidad, así como a una información adecuada y no engañosa sobre el contenido y características de los productos y servicios que consumen, a la libertad de elección y a un trato equitativo y digno. La ley establecerá los mecanismos necesarios para garantizar esos derechos, las normas de control de calidad y cantidad de bienes y servicios, los procedimientos de defensa del público consumidor, el resarcimiento de los daños ocasionados y las sanciones correspondientes por la violación de estos derechos.” (p. 27).

3.3.3 Derecho a la salud y el mejoramiento de la calidad de vida

El servicio de aseo urbano y domiciliario y la adecuada disposición final de residuos y desechos, juega un papel fundamental en el mantenimiento de la salud pública y el mejoramiento de la calidad de vida de la población, derechos consagrados en el artículo 83 de la Constitución que reza:

Artículo 83. “La salud es un derecho social fundamental, obligación del Estado, que lo garantizará como parte del derecho a la vida. El Estado promoverá y desarrollará políticas orientadas a elevar la calidad de vida, el bienestar colectivo y el acceso a los servicios. Todas las personas tienen derecho a la protección de la salud, así como el deber de participar activamente en su promoción y defensa, y el de cumplir con las medidas sanitarias y de saneamiento que establezca la ley, de conformidad con los tratados y convenios internacionales suscritos y ratificados por la República.” (p. 19).

3.3.4 Derecho a un ambiente sano y libre de contaminación

Los artículos 127, 128 y 129 establecen el derecho a contar con un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado y refrenda como instrumentos para alcanzar este objetivo a la ordenación territorial y a los estudios de impacto ambiental y socio cultural. Los mencionados artículos establecen:

Artículo 127. “Es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí misma y del mundo futuro. Toda persona tiene derecho individual y colectivamente a disfrutar de una vida y de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado. El Estado protegerá el ambiente, la

diversidad biológica, los recursos genéticos, los procesos ecológicos, los parques nacionales y monumentos naturales y demás áreas de especial importancia ecológica. El genoma de los seres vivos no podrá ser patentado, y la ley que se refiera a los principios bioéticos regulará la materia.

Es una obligación fundamental del Estado, con la activa participación de la sociedad, garantizar que la población se desenvuelva en un ambiente libre de contaminación, en donde el aire, el agua, los suelos, las costas, el clima, la capa de ozono, las especies vivas, sean especialmente protegidos, de conformidad con la ley.” (p. 29).

Artículo 128. “El Estado desarrollará una política de ordenación del territorio atendiendo a las realidades ecológicas, geográficas, poblacionales, sociales, culturales, económicas, políticas, de acuerdo con las premisas del desarrollo sustentable, que incluya la información, consulta y participación ciudadana. Una ley orgánica desarrollará los principios y criterios para este ordenamiento.” (p. 29).

Artículo 129. “Todas las actividades susceptibles de generar daños a los ecosistemas deben ser previamente acompañadas de estudios de impacto ambiental y socio cultural. El Estado impedirá la entrada al país de desechos tóxicos y peligrosos, así como la fabricación y uso de armas nucleares, químicas y biológicas. Una ley especial regulará el uso, manejo, transporte y almacenamiento de las sustancias tóxicas y peligrosas.

En los contratos que la República celebre con personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, o en los permisos que se otorguen, que afecten los recursos naturales, se considerará incluida aun cuando no estuviera expresa, la obligación de

conservar el equilibrio ecológico, de permitir el acceso a la tecnología y la transferencia de la misma en condiciones mutuamente convenidas y de restablecer el ambiente a su estado natural si éste resultara alterado, en los términos que fije la ley.” (p. 29).

3.3.5 Aseo urbano

La prestación de servicios de aseo urbano debe cumplir a nivel nacional, como mínimo, con los extremos establecidos en la Ley de Residuos y Desechos Sólidos (LRDS), donde se establece que:

Los residuos y desechos sólidos colocados dentro de los contenedores, que han sido destinados especialmente como depósitos temporales de los referidos desperdicios, deberán retirarse diariamente para mantener, en óptimas condiciones sanitarias, el uso adecuado de las vías peatonales y vehiculares existentes (Artículo 35 de la LRDS):

- 1.- Los cadáveres de animales, restos de vegetales, escombros y otros desechos sólidos no peligrosos, cuyo volumen impida ser recolectado en forma regular, deberán ser removidos por el municipio y tratados mediante la ejecución de servicios especiales, considerando las medidas ambientales y sanitarias respectivas (Artículo 36 de la LRDS).
- 2.- Las operaciones de limpieza urbana deben ser consideradas como de ejecución continua y conforme a los proyectos y programas que debe desarrollar cada municipio, aplicando las técnicas de ingeniería ambiental, sanitaria y socialmente aceptadas (Artículo 37 de la LRDS).

3.3.6 Almacenamiento residuos domiciliarios

El almacenamiento de los residuos domiciliarios deben cumplir a nivel nacional, como mínimo, con los extremos establecidos en la Ley de Residuos y Desechos Sólidos, donde se establece que:

- 1.- Los residuos y desechos sólidos deberán ser almacenados en recipientes adecuados a su volumen, manejo y características particulares, con el fin de evitar su dispersión (Artículo 38 de la LRDS).
- 2.- Toda edificación que requiera un sitio de almacenamiento temporal de residuos y desechos sólidos deberá cumplir, en su grado mínimo, con las siguientes especificaciones (Artículo 39 de la LRDS):
 - a.- Los sistemas de almacenamiento temporal deberán permitir su fácil limpieza y acceso.
 - b.- Cumplir con las condiciones de diseño y mantenimiento establecidas en la normativa sanitaria.
- 3.- Los contenedores y recipientes utilizados para el almacenamiento temporal de los residuos y desechos sólidos deberán cumplir los siguientes requisitos mínimos (Artículo 40 de la LRDS) (p.11):
 - a.- Ser reusables o no.
 - b.- Estar adecuadamente ubicados y cubiertos.

- c.- Tener adecuada capacidad para almacenar el volumen de residuos y desechos sólidos generados, tomando en cuenta la frecuencia de la recolección.
 - d.- Poseer hermeticidad.
 - e.- Estar contruidos con materiales impermeables y con la resistencia necesaria para el uso al que están destinados.
 - f.- Tener un adecuado mantenimiento sanitario.
 - g.- Tener la identificación relativa al uso y tipos de residuos y desechos sólidos.
 - h.- Cualquier otra que el municipio o distrito metropolitano considere, de acuerdo con los criterios técnicos existentes en el Plan de los Residuos y Desechos Sólidos Locales.
- 4.- Las características de los recipientes o contenedores, dependiendo de las especificaciones a utilizar en los lugares públicos o privados, en cuanto a volumen, número y sistema de carga, descarga y frecuencia de recolección, serán determinados por el municipio, de acuerdo con las características del equipo de recolección y transporte a utilizar, la población a servir y área disponible para su ubicación (Artículo 41 de la LRDS). (p.11).

- 5.-En los sitios de alta densidad poblacional y de difícil acceso vehicular, el responsable de la gestión debe ubicar de manera estratégica los contenedores o depósitos fijos de almacenamiento colectivo de residuos y desechos sólidos, a fin de facilitar su recolección (Artículo 42 de la LRDS). (p. 11).
- 6.-En los sitios de alta densidad poblacional, de difícil acceso vehicular y condiciones topográficas limitantes, los municipios determinarán a través de su normativa, los mecanismos para que el almacenamiento temporal de los residuos y desechos sólidos, sea realizado conforme a las disposiciones establecidas en esta Ley (Artículo 43 de la LRDS). (p. 11).

3.3.7 Recolección y transporte de los residuos domiciliarios

Los servicios de recolección y transporte de residuos y desechos domiciliarios deben cumplir a nivel nacional, como mínimo, con los extremos establecidos en la Ley de Residuos y Desechos Sólidos, donde se establece que:

- 1.-La recolección se considera una operación continua, conforme al proyecto de rutas de recolección; en consecuencia, no deberán alterarse sus frecuencias, horarios ni los patrones de ejecución, excepto en la oportunidad que el municipio rediseñe las rutas, previa información a la comunidad (Artículo 44 de la LRDS). (p.12).
- 2.-Las autoridades locales adoptarán los métodos o sistemas de recolección y transporte que mejor se adapten a sus características particulares, cumpliendo para su realización con las condiciones de higiene y seguridad adecuadas (Artículo 45 de la LRDS). (p. 12).

- 3.-El ente responsable de la gestión deberá proveer los envases apropiados para el cumplimiento de los objetivos de la recolección selectiva, entendiéndose por ésta, la separación en el origen por tipo de material, e informar debidamente a la población respecto de la frecuencia de recolección de los materiales a reciclar (Artículo 46 de la LRDS). (p. 12).
- 4.-En caso de desechos sólidos abandonados o tratados en forma contraria a lo dispuesto en la presente Ley y su Reglamento, la autoridad competente podrá, una vez abierto el procedimiento, ordenar de oficio la remoción y posterior eliminación de dicho desecho, con cargo al responsable cuando proceda (Artículo 47 de la LRDS). (p. 12).
- 5.-El equipo de recolección y transporte deberá ser adecuado a las características de la vialidad existente en el área servida, estar identificado y mantenerse en óptimas condiciones sanitarias, de operación y funcionamiento, de conformidad con lo dispuesto en la presente Ley y su Reglamento y demás disposiciones legales sobre la materia (Artículo 48 de la LRDS). (p. 12).
- 6.-En el caso que se proyecte la construcción de un sistema de recolección por gravedad o un sistema neumático por succión, deberá ponerse especial atención a la ubicación de los puntos de recepción de residuos y desechos sólidos, trayectoria de la tubería y situación de la central colectora, desde donde se realizará el transporte hasta el sitio de disposición final o a la estación de transferencia si la hubiere (Artículo 49 de la LRDS). (p. 12).

7.-El transporte de residuos y desechos sólidos deberá ser realizado en vehículos destinados exclusivamente a ese efecto. Asimismo, deberán tener capacidad adecuada para el volumen a transportar; ser construidos de forma que no exista derramamiento de los residuos y desechos sólidos ni líquidos; presentar facilidad para su lavado y desinfección, y que no produzcan impacto en la salud del trabajador ni de la población (Artículo 50 de la LRDS). (p.12).

3.3.8 Estaciones de transferencia

Las estaciones de transferencia de residuos y desechos urbanos y domiciliarios deben cumplir a nivel nacional, como mínimo, con los extremos establecidos en la Ley de Residuos y Desechos Sólidos, donde se establece que:

- 1.-Se define como estación de transferencia, las instalaciones de carácter permanente o provisional, en la cual se recibe el contenido de las unidades recolectoras de los residuos y desechos sólidos, que luego es procesado o reubicado en otras instalaciones de disposición final (Artículo 51 de la LRDS). (p. 12).
- 2.-La operación de transferencia deberá considerarse, cuando la distancia desde los límites del área servida a los sitios de disposición final así lo requiera, siempre que la medida se justifique en razón de los costos y de la eficiencia del servicio (Artículo 52 de la LRDS). (p. 13).
- 3.-Las estaciones de transferencia se deben proyectar, construir y operar cumpliendo con las normas ambientales y sanitarias establecidas en la

presente Ley y demás disposiciones legales sobre la materia (Artículo 53 de la LRDS). (p. 13).

3.3.9 Aprovechamiento

El aprovechamiento de los residuos urbanos y domiciliarios debe cumplir a nivel nacional, como mínimo, con los extremos establecidos en la Ley de Residuos y Desechos Sólidos, donde se establece que:

- 1.- Los residuos sólidos, cuyas características lo permitan, deberán ser aprovechados mediante su utilización o reincorporación al proceso productivo como materia secundaria, sin que represente riesgos a la salud y al ambiente (Artículo 54 de la LRDS). (p.13).
- 2.- Se consideran como sistemas de aprovechamiento: el reciclaje, la recuperación, la reducción, el compostaje, la lombricultura y otros que la ciencia y la tecnología desarrollen teniendo el aval de las autoridades competentes (Artículo 55 de la LRDS). (p.13).
- 3.- La selección de un sistema de aprovechamiento quedará sujeta a las regulaciones que se dicten sobre la materia, por las autoridades competentes (Artículo 56 de la LRDS). (p.13).
- 4.- La utilización de ciertos materiales, elementos o formas de energías, producto del aprovechamiento de los residuos sólidos como gas y electricidad, se hará de conformidad con las normas técnicas que se dicten al efecto (Artículo 57 de la LRDS). (p.13).

3.3.10 Procesamiento.

El procesamiento de los residuos y desechos urbanos y domiciliarios debe cumplir a nivel nacional, como mínimo, con los extremos establecidos en la Ley de Residuos y Desechos Sólidos, donde se establece que:

- 1.-El tratamiento o procesamiento de los residuos y desechos sólidos tendrá como objetivo la reducción del volumen de desechos para la disposición final y la eliminación o disminución de los impactos dañinos sobre el ambiente y la salud (Artículo 58 de la LRDS). (p.13).
- 2.-Los métodos que serán utilizados para el tratamiento de los desechos sólidos serán aquellos que las autoridades competentes consideren sanitarios y ambientalmente adecuados, de conformidad con las normas aplicables (Artículo 59 de la LRDS). (p.13).
- 3.-El diseño, construcción u operación de un sistema de tratamiento o procesamiento se efectuará de conformidad con las normas técnicas que establezcan las autoridades competentes (Artículo 60 de la LRDS). (p.13).

3.3.11 Disposición final

Los sitios de disposición final de residuos urbanos y domiciliarios deben cumplir a nivel nacional, como mínimo, con los extremos establecidos en la Ley de Residuos y Desechos Sólidos, donde se establece que:

- 1.- Todo municipio debe tener habilitado un sitio propio para la disposición final de los residuos y desechos sólidos, el cual no va a recibir ningún otro uso; dicho sitio debe cumplir con las normativas sanitarias y ambientales vigentes (Artículo 66 de la LRDS). (p.14).
- 2.- La extracción de residuos y desechos sólidos de los sitios de disposición final deberá realizarse cumpliendo con la normativa que establezca la autoridad municipal competente, en concordancia con lo establecido en la legislación sanitaria y ambiental vigente (Artículo 67 de la LRDS). (p.14).
- 3.- Es responsabilidad del municipio la disposición final de los residuos y desechos sólidos generados en su jurisdicción, así como su administración y control (Artículo 68 de la LRDS). (p.15).
- 4.- Cuando el servicio de disposición final sea ejecutado por persona natural o jurídica, pública o privada, de conformidad con lo previsto en esta Ley, la responsabilidad, de que trata este artículo, recaerá en el municipio (Artículo 69 de la LRDS). (p.15).
- 5.- Los residuos que no puedan ser reciclados y procesados por intermedio de las tecnologías disponibles deberán destinarse a un sitio de disposición final, el cual deberá acondicionarse para la disposición de los desechos sólidos por los métodos que no alteren la calidad de los recursos naturales y de la salud (Artículo 70 de la LRDS). (p.15).
- 6.- Las tecnologías que se utilicen para el tratamiento de los residuos sólidos, que generen desechos sólidos, no se considerarán como método para la

- disposición final de los mismos, sino como un tratamiento intermedio por ende, su producto final deberá ser llevado a un sitio de disposición final, previa caracterización del mismo (Artículo 71 de la LRDS). (p.15).
- 7.- Los municipios deberán recuperar los lugares que hayan sido utilizados como sitios de disposición final de residuos y desechos sólidos provenientes de la recolección municipal y que actualmente no sean utilizados para tal fin o se encuentren abandonados, así como reducir los posibles impactos ambientales y sanitarios que se generen, garantizando la conservación del ambiente y de la salud, de acuerdo con lo establecido en el reglamento correspondiente (Artículo 72 de la LRDS). (p.15).
- 8.- El proyecto, construcción y operación de cualquier tipo de tecnología utilizada en la disposición final de los residuos y desechos sólidos se regirá por las normas técnicas existentes en la materia, previa autorización de las autoridades competentes (Artículo 73 de la LRDS). (p.15).
- 9.- Los lodos producidos por las plantas de tratamiento de aguas o tratamientos residuales no tóxicos o peligrosos podrán ser dispuestos en sitios de disposición final. La aceptación de lodos en los sitios de disposición final estará supeditada a una caracterización previa de los mismos, realizada por un laboratorio registrado en los organismos competentes en la materia (Artículo 74 de la LRDS). (p.15).
- 10.- Se prohíbe la quema de desechos sólidos en sitios de disposición final, así como en aquellos en que la norma técnica lo establezca expresamente (Artículo 75 de la LRDS). (p.15).

11.- Los proyectos de construcción, operación y funcionamiento, clausura y post-clausura de los sitios de tratamiento y disposición final de los residuos y desechos sólidos, deberán contar con la autorización correspondiente, emitida por los ministerios encargados del ambiente y de la salud en forma conjunta, sin perjuicio de las demás autorizaciones municipales a que hubiere lugar. Los procedimientos para el otorgamiento de las autorizaciones serán desarrollados en el Reglamento de la presente Ley, en las ordenanzas y demás instrumentos legales (Artículo 76 de la LRDS). (p.15).

12.- Los proyectos para la instalación de plantas de tratamiento de residuos, así como los sitios de disposición final de desechos sólidos, deberán estar acompañados de los respectivos estudios de impactos ambiental, de salud y sociocultural (Artículo 77 de la LRDS). (p.16)

13.- Se prohíbe la disposición de desechos tóxicos en sitios destinados a la disposición de residuos y desechos sólidos no peligrosos (Artículo 78 de la LRDS). (p.16).

1.3.11.1 Disposición final (ubicación): la ubicación de los sitios de disposición final de residuos y desechos urbanos y domiciliarios deben cumplir a nivel nacional, como mínimo, con los extremos establecidos en el Decreto N° 2.216 de fecha 23 de abril de 1992, mediante el cual se dictan las “Normas para el Manejo de los Desechos Sólidos de Origen Domestico, Comercial, Industrial, o de Cualquier otra Naturaleza que no sean Peligrosos”, donde se establece que:

- 1.- Todo sitio que pretenda ser destinado a la disposición final de residuos y desechos sólidos, deberá tener la respectiva aprobación o autorización administrativa para la ocupación del territorio (Artículo 25 del Decreto N° 2.216).
- 2.- Los terrenos propuestos para la ubicación de un relleno sanitario deberán reunir las siguientes condiciones (Artículo 26 del Decreto N° 2.216):
 - a.- Poseer fácil acceso.
 - b.- Tener suficiente área disponible de terreno para la recepción de los desechos sólidos durante un lapso no menor de quince (15) años, considerando los incrementos progresivos de generación.
 - c.- Estar ubicado fuera del cono de aproximación de aeropuertos.
 - d.- Estar ubicado a no menos de 400 metros de cualquier sistema de abastecimiento de agua o 500 metros de pozos profundos.
 - e.- No ser área de recarga de acuíferos.
 - f.- Poseer una topografía tal que permita un mayor volumen aprovechable por hectárea.
 - g.- No deben existir fallas activas o riesgos geológicos potenciales.

- h.- No tener una frecuencia de inundación mayor de una vez cada cien (100) años.
- i.- El coeficiente de permeabilidad máximo permisible es del orden de 10^{-7} (10 a la siete) cm. /seg.
- j.- No estar ubicados dentro de Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE) ni Parques Nacionales.
- k.- No estar localizados en áreas ambientales sensitivas tales como pantanos y planicies inundables.
- l.- No estar ubicados dentro de áreas de expansión urbana.
- m.- Poseer suficiente material de cobertura en cantidad y calidad adecuada, dentro o en las cercanías del sitio.”

Asimismo, la ubicación de los sitios de disposición final de desechos urbanos y domiciliarios debe cumplir con los extremos establecidos en la Resolución MSAS N° 230 de fecha 10-10-1990, publicada en la Gaceta Oficial N° 34.600 de fecha 22-11-1990, mediante el cual se dictan las “Normas Sanitarias para Proyecto y Operación de un Relleno Sanitario de Residuos Sólidos de Índole Atoxico”, donde se establece que:

- 1.- No se ubicará un relleno sanitario en sitios que carezcan de los servicios públicos indispensables para una buena ejecución del mismo (Artículo 3° de la Resolución).

- 2.- No se permitirá la ubicación de un relleno sanitario en las áreas de expansión de los núcleos poblacionales; en consecuencia previamente a la selección del sitio, deberán determinarse (Artículo 4° de la Resolución):
 - a.- La dirección y magnitud del crecimiento de la población.
 - b.- El desarrollo de los nuevos cambios consiguientes en características y densidad de los residuos.
 - c.- El desarrollo futuro del área.
 - d.- El desarrollo comercial e industrial.
- 3.- El sitio deberá tener rutas donde no se permitan límites altos de velocidad y con entrada y salida accesibles en ambas direcciones (Artículo 5° de la Resolución).
- 4.- Los terrenos para la ejecución de un relleno sanitario deberán ser fáciles de trabajar, con promedios de 50% a 60% de arena y el resto constituido por cantidades iguales de arcilla y sedimentos fluviales. Deberá evitarse en lo posible los termos pedregosos o arcillosos que pueden dificultar los trabajos de excavación y movimiento de los vehículos (Artículo 6° de la Resolución).
- 5.- Para evitar la posible contaminación de las aguas superficiales y subterráneas se establece que (Artículo 7° de la Resolución):

- a.- No se deberán efectuar rellenos sanitarios en tierras con estratos rocosos superficiales.
 - b.- No se permitirá situar los rellenos sanitarios en minas u otras áreas en donde puedan ocurrir infiltraciones que lleguen a la capa acuífera o a los pozos.
 - c.- El coeficiente de permeabilidad máximo permisible en los sitios de disposición final de los residuos sólidos es del orden de 10^{-7} cm/seg, en el caso de que se practique el método de trinchera las paredes laterales admitirán un máximo de permeabilidad de 10^{-6} cm/seg.
- 6.- La extensión del terreno requerido para la ejecución de un relleno sanitario deberá determinarse en base a las cantidades de residuos de que se va a disponer al momento y prever las cantidades futuras de residuos (Artículo 8 de la Resolución).
- 7.- La selección del sitio deberá efectuarse acorde con la jurisdicción del área para la disposición de residuos sólidos y leyes vigentes (Artículo 9° de la Resolución).

1.3.11.2 Disposición Final (operación): la operación de los sitios de disposición final de residuos y desechos urbanos y domiciliarios debe cumplir a nivel nacional, como mínimo, con los extremos establecidos en el Decreto N° 2.216 de fecha 23 de abril de 1992, mediante el cual se dictan las “Normas para el Manejo de los Desechos Sólidos de Origen Domestico, Comercial, Industrial, o de Cualquier otra Naturaleza que no sean Peligrosos”, donde se establece que:

1.- Los principios básicos de operación deberán responder a lo siguiente (Artículo 28 del Decreto N° 2.216):

- a.- Ubicación de los desechos.
- b.- Compactación de los desechos.
- c.- Cubrimiento de los desechos.
- d.- Accesibilidad y operatividad.

2.- Los métodos de operación aplicables al relleno sanitario son (Artículo 29 del Decreto N° 2.216):

- a.- Método de área.
- b.- Método de rampa.
- c.- Método de trincheras.
- d.- Combinación de los anteriores.

3.- Todo proyecto de relleno sanitario deberá contener un manual de operaciones, donde se incluyan detalles en relación con (Artículo 30 del Decreto N° 2.216):

- a.- Control de acceso.

- b.- Movimientos de tierra y vías de acceso.
 - c.- Fases de la operación.
 - d.- Equipo requerido.
 - e.- Mantenimiento.
 - f.- Aspectos administrativos.
 - g.- Medidas de seguridad en situaciones de emergencia.
 - h.- Controles sanitarios.
 - i.- Control de drenaje.
- 4.- El proyecto y operación de un relleno sanitario público o privado, queda sometido a la vigilancia y control de los Ministerios de Salud y del Ambiente, en todo cuanto se refiere al cumplimiento de sus disposiciones sanitarias y ambientales (Artículo 31 del Decreto N° 2.216).
- 5.- Todo proyecto de relleno sanitario deberá contener un análisis de las variables ambientales que permitan evaluar el impacto ambiental provocado (Artículo 32 del Decreto N° 2.216).

6.- Todo relleno sanitario deberá estar protegido con una cerca perimetral que impida el acceso a personas ajenas a la operación que allí se realiza (Artículo 33 del Decreto N° 2.216).

7.- Se prohíbe la quema de desechos sólidos a campo abierto (Artículo 34 del Decreto N° 2.216).

3.3.11.3 Disposición final (clausura): la clausura de los sitios de disposición final de residuos y desechos urbanos y domiciliarios se realizará con arreglo a las disposiciones contenidas en la Ley de Residuos y Desechos Sólidos, donde se establece que:

1.- Se prohíbe la disposición de residuos y desechos sólidos en vertederos a cielo abierto. Los ya existentes al momento de la publicación de la presente Ley en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, tendrán un plazo de cinco (5) años, para su clausura (Artículo 104 de la LRSD).

2.- Las autoridades competentes, actuando en forma coordinada, realizarán los inventarios de los vertederos a cielo abierto existentes en el territorio nacional, en un lapso no mayor de doce (12) meses, contados a partir de la publicación de la presente Ley en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, a fin de la elaboración y ejecución de los planes de clausura y de saneamiento de los mismos (Artículo 105 de la LRSD). En este mismo orden de ideas, el artículo 35 del Decreto N° 2.216 de fecha 23 de abril de 1992, mediante el cual se dictan las “Normas para el Manejo de los Desechos Sólidos de Origen Domestico, Comercial, Industrial, o de Cualquier otra Naturaleza que no sean Peligrosos”, establece que “todo sitio

de disposición final manejado mediante prácticas inapropiadas deberá ser objeto de saneamiento y recuperación”.

3.3.12 Ley del Régimen Prestacional de Vivienda y Hábitat. (Gaceta Oficial N° 38.204 del 8 de Junio de 2005)

Artículo 12. “Derecho a la Vivienda y Hábitat Dignos Toda persona tiene derecho a acceder a una vivienda y hábitat dignos a partir de un tratamiento con criterio de justicia y equidad. Es deber del Estado brindar protección especial a las personas o familias que no tengan ingresos, de menores recursos o de mayor necesidad, así como proteger a los sectores sociales vulnerables, en razón de la edad, situación de discapacidad y condición de salud. Igualmente, adoptará medidas orientadas a garantizar este derecho a los pueblos y comunidades indígenas.” (p.14).

Artículo 23. “Reducción de Costos El Estado fomentará la racionalización del proceso de construcción, con el objeto de reducir los costos de materiales e insumos del sector construcción, mediante la maximización de la inversión y el impacto favorable en términos de lo social y, en tal sentido, se deberá realizar contrataciones según el ámbito territorial de los organismos, aplicar periódicamente incentivos a la industrialización de la construcción, privilegiar la inversión local, elaborar un sistema nacional de tabuladores de costos por actividad: proyecto, inspección, materiales, equipos y mano de obra, con criterio a escala nacional e indicadores locales elaborados con la asesoría de los gremios profesionales especializados en la materia, en concordancia, con los órganos contralores del Estado y articular la estructura del proceso constructivo en función de los componentes del proyecto, materiales y ensamblaje.” (p.19).

3.4 Definición de términos Básicos

Absorción: cantidad de agua expresada en % del peso del material seco que es capaz de absorber un material. (<http://es.wikipedia.org/wiki/Absorcion>).

Almacenamiento: toda operación conducente al depósito transitorio de los desechos sólidos, en condiciones que aseguren la protección al medio ambiente y a la salud humana. Acumulación de los desechos sólidos en los lugares de generación de los mismos o en lugares aledaños a estos, donde se mantienen hasta su posterior recolección. ([www.Monografias.com/manejo-desechos-sólidos](http://www.Monografias.com/manejo-desechos-solidos)).

Aprovechamiento: proceso de recuperación, separación y clasificación de los desechos sólidos para su posterior reciclaje, reúso o retorno. ([www.Monografias.com/manejo-desechos-sólidos](http://www.Monografias.com/manejo-desechos-solidos)).

Agregados: son componentes derivados de la trituración natural o artificial de diversas piedras, y pueden tener tamaños que van desde partículas casi invisibles hasta pedazos de piedra. Junto con el agua y el cemento, conforman el trío de ingredientes necesarios para la fabricación de concreto. (http://www.construrama.com/content/public/sitio/compromiso/cat_fam_37_0_0.html).

Agregado grueso: es uno de los principales componentes del hormigón o concreto, por este motivo su calidad es sumamente importante para garantizar buenos resultados en la preparación de estructuras de hormigón. (http://es.wikipedia.org/Grava_/wiki/ (hormig%C3%B3n)).

Amianto: mineral en fibras blancas y flexibles que resiste poderosamente la acción del fuego (Asbesto). (<http://es.wikipedia.org/wiki/Asbesto>).

Arena (agregado fino): material que proviene de rocas disgregadas por la acción del tiempo y del intemperismo, debe garantizarse que no tengan residuos de tierra y raíces, ya que esto afecta su trabajo en la elaboración del concreto. (<http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Especial:Buscar&search=arena+fin&button=>

Árido: material granulado que se utiliza como materia prima en la construcción. ([http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81rido_\(miner%C3%ADa\)](http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81rido_(miner%C3%ADa))).

Árido natural: es el que procede del laboreo de un yacimiento y que ha sido sometido únicamente a procesos mecánicos ([http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81rido_\(miner%C3%ADa\)](http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81rido_(miner%C3%ADa))).

Árido reciclado: es el que resulta del reciclaje de residuos de demoliciones o construcciones y de escombros. ([http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81rido_\(miner%C3%ADa\)](http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81rido_(miner%C3%ADa))).

Botadero de Desechos: es el sitio o vertedero, sin preparación previa, donde se depositan los desechos, en el que no existen técnicas de manejo adecuadas y en el que no se ejerce un control y representa riesgos para la salud humana y el medio ambiente. (www.Monografías.com/manejo-desechos-sólidos).

Cemento portland: es un conglomerante o cemento hidráulico que cuando se mezcla con áridos, agua y fibras de acero discontinuas y discretas tiene la propiedad

de conformar una masa pétreo resistente y duradera denominada hormigón. Es el más usual en la construcción utilizada como aglomerante para la preparación del hormigón o concreta. Como cemento hidráulico tiene la propiedad de fraguar y endurecer en presencia de agua, al reaccionar químicamente con ella para formar un material de buenas propiedades aglutinantes. (http://es.wikipedia.org/wiki/Cemento_portland).

Colector: el que tiene a su cargo la recolección de desechos sólidos. (www.Monografias.com/manejo-desechos-sólidos).

Concreto: es una mezcla de cemento, agua y agregados que cuando están bien dosificados y energéticamente mezclados, integran una masa plástica que puede ser moldeada en una forma predeterminada y que al endurecer se convierte en una piedra artificial, resistente y durable, por lo que se ha convertido en el material más empleado en la construcción. (<http://es.wikipedia.org/wiki/Concreto>).

Contaminación Ambiental: partes de la naturaleza que han sido afectadas por la colocación de desechos, sustancias o materiales extraños y dañinos, a los cuales el ambiente responde en forma negativa, por el peligro que esto representa. (www.Monografias.com/manejo-desechos-sólidos).

Contaminación por desechos sólidos: la degradación de la calidad natural del medio ambiente, como resultado directo o indirecto de la presencia o la gestión y la disposición final inadecuadas de los desechos sólidos. (www.Monografias.com/manejo-desechos-sólidos).

Contenedor: recipiente en el que se depositan los desechos sólidos para su almacenamiento temporal o para su transporte. (www.Monografias.com/manejo-desechos-sólidos).

Consumo: la cantidad de cualquier recurso (material, energía, etc.) utilizado cierto tiempo dado. (www.Monografias.com/manejo-desechos-sólidos).

Densidad: es una magnitud referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen. (<http://es.wikipedia.org/wiki/Densidad>).

Desechos Sólidos: son aquellos materiales no peligrosos, que son descartados por la actividad del ser humano o generados por la naturaleza, y que no teniendo una utilidad inmediata para su actual poseedor, se transforman en indeseables. (www.Monografias.com/manejo-desechos-sólidos).

Dosificación: implica establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen al concreto, a fin de obtener la resistencia y durabilidad requeridas, o bien, para obtener un acabado o pegado correctos. ([http://es.wikipedia.org/wiki/Dosificaci%C3%B3n_\(concreto\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Dosificaci%C3%B3n_(concreto))).

Elemento estructural: es cada una de las partes diferenciadas aunque vinculadas en que puede ser dividida una estructura a efectos de su diseño. El diseño y comprobación de estos elementos se hace de acuerdo con los principios de la ingeniería estructural y la resistencia de materiales. (http://es.wikipedia.org/wiki/Elemento_estructural).

Gestión de los desechos sólidos: toda actividad técnica administrativa de planificación, coordinación, concertación, diseño, aplicación y evaluación de políticas, estrategias, planes y programas de acción de manejo apropiado de los residuos sólidos de ámbito nacional, regional, local y empresarial. (www.Monografias.com/manejo-desechos-sólidos).

Gestión Integral: conjunto de operaciones y procesos encaminados a la reducción de la generación, segregación en la fuente y de todas las etapas de la gestión de los desechos, hasta su disposición final. (www.Monografias.com/manejo-desechos-sólidos).

Generador: toda persona cuya actividad produzca desechos o, si esta persona es desconocida, la persona que esté en posesión de esos desechos y los controle. (www.Monografias.com/manejo-desechos-sólidos).

Generador de desechos sólidos: toda persona, natural o jurídica, pública o privada, que como resultado de sus actividades, pueda crear o generar desechos sólidos. (www.Monografias.com/manejo-desechos-sólidos).

Manejo: almacenamiento, recolección, transferencia, transporte, tratamiento o procesamiento, Reciclaje, reutilización y aprovechamiento, disposición final. (www.Monografias.com/manejo-desechos-sólidos).

Manejo de desechos sólidos: toda actividad técnica operativa de residuos sólidos que involucre manipuleo, acondicionamiento, transporte, transferencia, tratamiento, disposición final o cualquier otro procedimiento técnico operativo

utilizado desde la generación hasta la disposición final. (www.Monografias.com/manejo-desechos-sólidos).

Manejo integral de desechos sólidos: es un conjunto de acciones normativas, financieras y de planeamiento que se aplica a todas las etapas del manejo de residuos sólidos desde su generación, basándose en criterios sanitarios, ambientales y de viabilidad técnica y económica para la reducción en la fuente, el aprovechamiento, tratamiento y la disposición final de los residuos sólidos. (www.Monografias.com/manejo-desechos-sólidos).

Minimización: acción de reducir al mínimo posible el volumen y peligrosidad de los residuos sólidos, a través de cualquier estrategia preventiva, procedimiento, método o técnica utilizada en la actividad generadora. (www.Monografias.com/manejo-desechos-sólidos).

Reaprovechar: volver a obtener un beneficio del bien, artículo, elemento o parte del mismo que constituye residuo sólido. Se reconoce como técnica de reaprovechamiento el reciclaje, recuperación o reutilización. (www.Monografias.com/manejo-desechos-sólidos).

Reciclaje: proceso que sufre un material o producto para ser reincorporado a un ciclo de producción o de consumo, ya sea el mismo en que fue generado u otro diferente. (www.Monografias.com/manejo-desechos-sólidos).

Recolección: acción de recoger y trasladar los desechos generados, al equipo destinado a transportarlos a las instalaciones de almacenamiento, transferencia,

tratamiento, reusó o a los sitios de disposición final. (www.Monografias.com/manejo-desechos-sólidos).

Relleno Sanitario: es el sitio que es proyectado, construido y operado mediante la aplicación de técnicas de ingeniería sanitaria y ambiental, en donde se depositan, esparcen, acomodan, compactan y cubren con tierra, diariamente los desechos sólidos, contando con drenaje de gases y líquidos percolados. (<http://www.monografias.com/trabajos19/manejo-desechos-solidos/manejo-desechos-solidos.shtml>).

Recuperación: actividad relacionada con la obtención de materiales secundarios, bien sea por separación, desempaquetamiento, recogida o cualquier otra forma de retirar de los residuos sólidos algunos de sus componentes para su reciclaje o reuso. (<http://www.monografias.com/trabajos19/manejo-desechos-solidos/manejo-desechos-solidos.shtml>).

Residuos de la construcción y demolición (RCD): se considera al material generado por la construcción y demolición de edificios e inclusive residuos de cascajo, tierra, asfalto, hormigón, madera y metal. (<http://www.eco2site.com/arquit/johan.asp>).

Resistencia a la compresión: se puede definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto o de mortero a carga axial. Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado. (<http://www.instron.com.es/wa/glossary/Compressive-Strength.aspx>).

Tratamiento: cualquier proceso, método o técnica que permita modificar la característica física, química o biológica del residuo sólido, a fin de reducir o eliminar su potencial peligro de causar daños a la salud y el ambiente. (<http://www.monografias.com/trabajos19/manejo-desechos-solidos/manejo-desechos-solidos.shtml>).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación a ser aplicada, es de tipo descriptiva, el cual consiste en describir situaciones y eventos, como se manifiesta determinado fenómeno.

Según Baptista - Fernández - Hernández (1997): “los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades, o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis” (p.60).

Por otra parte se considera también una investigación exploratoria, porque aporta conocimientos generales sobre el comportamiento del Concreto Reciclado, técnica que no ha sido usado en nuestro país como en el resto del mundo.

Camacho, C. (2003) Los estudios exploratorios se realizan, normalmente, cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, el cual hay ideas vagamente relacionadas desde otras perspectivas o sencillamente, no se ha abordado autor porque es un fenómeno desconocido o novedoso. Sirve para familiarizarnos con fenómenos relativamente desconocido obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación. (p.6).

4.2. Diseño de la investigación

El diseño de investigación a ser aplicado en el referido estudio se ajustará al esquema de investigación documental, de campo y experimental. Es un diseño documental, porque en esta etapa se recopila y revisa toda la información referente al

tema, en texto, internet, normas, folletos, estudios y análisis previamente realizados, así como consulta.

Según la Universidad Nacional Abierta (1990) “Es aquella cuya estrategia está basada en el análisis de datos obtenidos de diferentes fuentes de información, tales como informes de investigación, libros, monografías y otros materiales informativos.” (p.35).

De campo ya que este estudio nos permitirá “predecir la ocurrencia” o comportamiento del Concreto Reciclado. Como se menciona en el Manual de Trabajos de Grado (UPEL, 2000), El análisis sistemático de problemas de la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos, o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquiera de los paradigmas o enfoques de investigación conocidos o en desarrollo. (p.7).

Es de tipo experimental, ya que se sometieron a ensayos, varias muestras con el fin de conocer la resistencia a compresión del Concreto Reciclado, y poder comparar está con los de Concreto Convencional, cumpliendo con los criterios de la norma venezolana COVENIN MINDUR 338-344.

Según Sabino, C. (2006), “consiste en someter el objeto de estudio a la influencia de ciertas variables, en condiciones controladas por el investigador, para observar los resultados que cada variables produce en el objeto” (p.68).

4.3 Población de la investigación

Desde el punto de vista estadístico, de acuerdo con Miriam Balestrini (1999), la población o universo puede estar referido a cualquier conjunto de elementos de los cuales pretendemos indagar y conocer sus características, o una de ellas, y para el cual serán válidas las conclusiones obtenidas en la investigación.(p.122)

En el caso de esta investigación la población o universo de estudio queda definida por los escombros o residuos de la construcción provenientes de demoliciones de estructuras de concreto, los cuales permitirán establecer y validar las conclusiones a lo propuesto en los objetivos de la investigación.

4.4 Muestra de la investigación

Una vez delimitada la población, se requiere definir la muestra de la investigación, que consiste en determinar una parte o porción de ese universo para conocer sus propiedades particulares. Al respecto, Balestrini, M. (2006), expresa que la muestra es un subgrupo de la población, subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población (p. 128).

4.5 Técnicas e instrumento de recolección de datos

Para cumplir con los objetivos planteados, se hizo necesario utilizar diferente técnicas que facilitaron la elaboración del estudio. El trabajo se divide en cuatro etapas, empezando con una revisión bibliográfica y documentación del tema textos, normas, manuales entre otros, una segunda etapa donde se describen y seleccionan los materiales que se utilizaron, además se detalla el proceso de fabricación de los cilindros de Concreto Reciclado para el ensayo de resistencia a compresión de

concreto, seguidamente la tercera etapa en la cual se realizaron los ensayos de resistencia a compresión de los cilindros de Concreto Reciclado, por último la cuarta etapa, donde se analizaron los resultados del estudio y además del análisis económico de la construcción con estos tipos de materiales de reciclaje.

4.5.1 Recopilación de Información

Durante esta etapa, se localizaron todas las fuentes de información posibles, tanto primarias como secundarias, que tuvieran relación directa. Se recurrió a la recopilación de datos, a través de la consulta de textos, tesis y artículos que ayudaran a describir los materiales de reciclaje tales como, los residuos de demoliciones de concreto, así como también, la revisión de las Normas venezolanas y extranjeras que rigen la construcción de edificaciones y ensayos a elementos estructurales y no estructurales, como la Norma COVENIN MINDUR 277-344.

4.5.2 Estudio de campo

4.5.2.1 Descripción, selección y preparación de los RCD utilizados: para nuestro estudio se utilizaron residuos de concreto premezclado de uso común, procedente de la obra de “Adecuación y ampliación de galpón para planta procesadora de granito” ubicada en la parroquia la Sabanita, Los Aceiticos Ciudad Bolívar Edo Bolívar. En dicha obra, se ubicaron tanto los residuos de concreto como también los materiales y herramientas para realizar el ensayo de compresión del concreto de acuerdo a la Norma COVENIN MINDUR 338. Se dispusieron también para el análisis del comportamiento mecánico 7 cilindros de (150x 300) mm.

Los agregados gruesos naturales utilizados fueron piedra picada caliza de ½ pulgada de diámetro, y a éstos se les llama como tal (agregados naturales). Por otra

parte, a los agregados gruesos producto de la trituración manual de concreto premezclado, se les llama agregados reciclados también de ½ pulgada de diámetro luego del tamizado. Estos agregados son también de caliza, ya que se tuvo especial cuidado de que el concreto premezclado utilizado para fabricarlos, estuviera compuesto solamente de caliza natural. Respecto del agregado fino, sólo se utilizó arena lavada o de río natural.

4.5.2.2 Descripción de los materiales que componen las mezclas de concreto en estudio: para la mezcla de concreto con agregado natural:

- 1.- Agua: se utilizó agua proveniente del servicio público limpia y libre de sustancias deletéreas, ácidos, álcalis y materia orgánica cumpliendo con la Norma Venezolana COVENIN 2385.
- 2.- Cemento: se utilizó cemento Portland tipo III cumpliendo con la Norma COVENIN 28-935.
- 3.- Arena: se utilizó arena de río o lavada libre de materia orgánica que cumple con la Norma Venezolana COVENIN 277.
- 4.- Piedra picada: se utiliza piedra picada de ½ pulgada de diámetro cumpliendo con la Norma COVENIN 277.

Para la mezcla de concreto con agregado reciclado:

- 1.- Agua: se utilizó agua proveniente del servicio público limpia y libre de sustancias deletéreas, ácidos, álcalis y materia orgánica cumpliendo con la Norma Venezolana COVENIN 2385.

2.-Cemento: se utilizo cemento Portland tipo III cumpliendo con la Norma COVENIN 28-935.

3.-Arena: se utilizo arena de rio o lavada libre de materia orgánica que cumple con la Norma Venezolana COVENIN 277.

4.-Piedra picada: se utilizo residuos de concreto premezclado previamente triturado y tamizado para pasar por el tamiz con abertura de ½ pulgada de diámetro cumpliendo con la Norma COVENIN 277-254.

4.5.2.3 Preparación y dosificación de concreto utilizado: para la preparación de la mezcla se escogió como patrón de diseño un concreto con resistencia de f_c' 280 kg/cm² y las proporciones de los materiales necesarios para el mezclado del concreto se obtuvieron del manual de concreto estructural (Dataing).

Tabla 4.1 Referencia de diseño de mezcla (Manual de concreto estructural)

Diseño de mezcla en volumen (Por m³)				
Resistencia a los 28 días	Cemento(sacos)	Arena	Piedra	Agua
150 kg/cm ²	7.00	0.46	0.90	0.14
180 kg/cm ²	7.00	0.44	0.90	0.15
200 kg/cm ²	7.50	0.45	0.90	0.16
210 kg/cm ²	7.75	0.45	0.80	0.16
250 kg/cm ²	8.50	0.44	0.80	0.16
280 kg/cm ²	9.00	0.44	0.80	0.17
300 kg/cm ²	9.50	0.43	0.80	0.17

A. El volumen de concreto que se requirió para los 1 moldes cilíndricos que se usara en el ensayo es:

$$\text{Volumen para un cilindros} = A \times H = [\pi \times (0,15/2)^2] \times 0.30 = 0,0053 \text{ m}^3$$

Volumen total de concreto requerido = $0,0053 \times 7 = 0,037 \text{ m}^3$

B. Proporciones de los materiales a utilizar para $0,037 \text{ m}^3$:

Por simple relación la proporción a utilizar es:

Tabla 4.2 Proporción de Materiales.

Materiales	Volumen (m³)
Cemento	0,33 sacos
Agua	0,0063
Arena	0,0163
Piedra picada	0,0296

4.5.3 Trabajo de laboratorio

4.5.3.1 Ensayo a Compresión: una vez finalizado el proceso de elaboración de los moldes de Concreto, estos fueron trasladados al laboratorio de la empresa SIMPCA “mezcladora de concreto”, Ubicada a 800 mts en la vía hacia Caicara del Orinoco, que de acuerdo a las clasificaciones de las carreteras del país es la troncal 19, donde fueron sometidos a pruebas para determinar la resistencia a compresión a los 7 días, 14 días y 28 días que pueden soportar.

Se instaló cada una de las muestras a ser ensayadas sobre la base de la máquina, posteriormente se le colocó una plancha de acero sobre la superficie superior de la muestra antes de ejercer la presión sobre la misma para lograr una mejor distribución de los esfuerzos, una vez hecho esto, se hizo descender el cabezal de la maquina aplicándole la carga hasta que la muestra cediera.

4.5.4 Trabajo de oficina

En esta etapa se interpretaron los datos obtenidos en el trabajo de laboratorio, se tabularon y procesaron, además se señala las ventajas y desventajas que se producen al utilizar materiales reciclables como agregados para la elaboración de concreto, se analizó los costos generados por la implementación de dichos materiales en el concreto.

Para la ejecución de todas estas tareas antes mencionadas, se utilizaron programas de computación muy conocidos como: Microsoft Excel 2007, Microsoft Word 2007, Microsoft Power point 2007, con la finalidad de realizar el manejo adecuado de los datos e información recolectada.

4.5.5 Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos que se utilizaron fueron; 7 moldes cilíndricos para ensayo de compresión del concreto con dimensiones de 15 cm x 30 cm, prensa hidráulica con capacidad de 100000 Kg/f propiedad de la empresa SIMCA con la cual se realizaron los ensayos a compresión, balanza, y varios equipos de albañilería como: palas; cucharas; baldes; metro entre otros, un juego de tamiz y el uso de una cámara fotográfica que permitió la obtención de los registros.

4.5.6 Flujograma de la metodología

En la presente investigación se desarrolló cuatro etapas que conducen a la elaboración final del trabajo de grado, que se presenta en la figura 4.1.

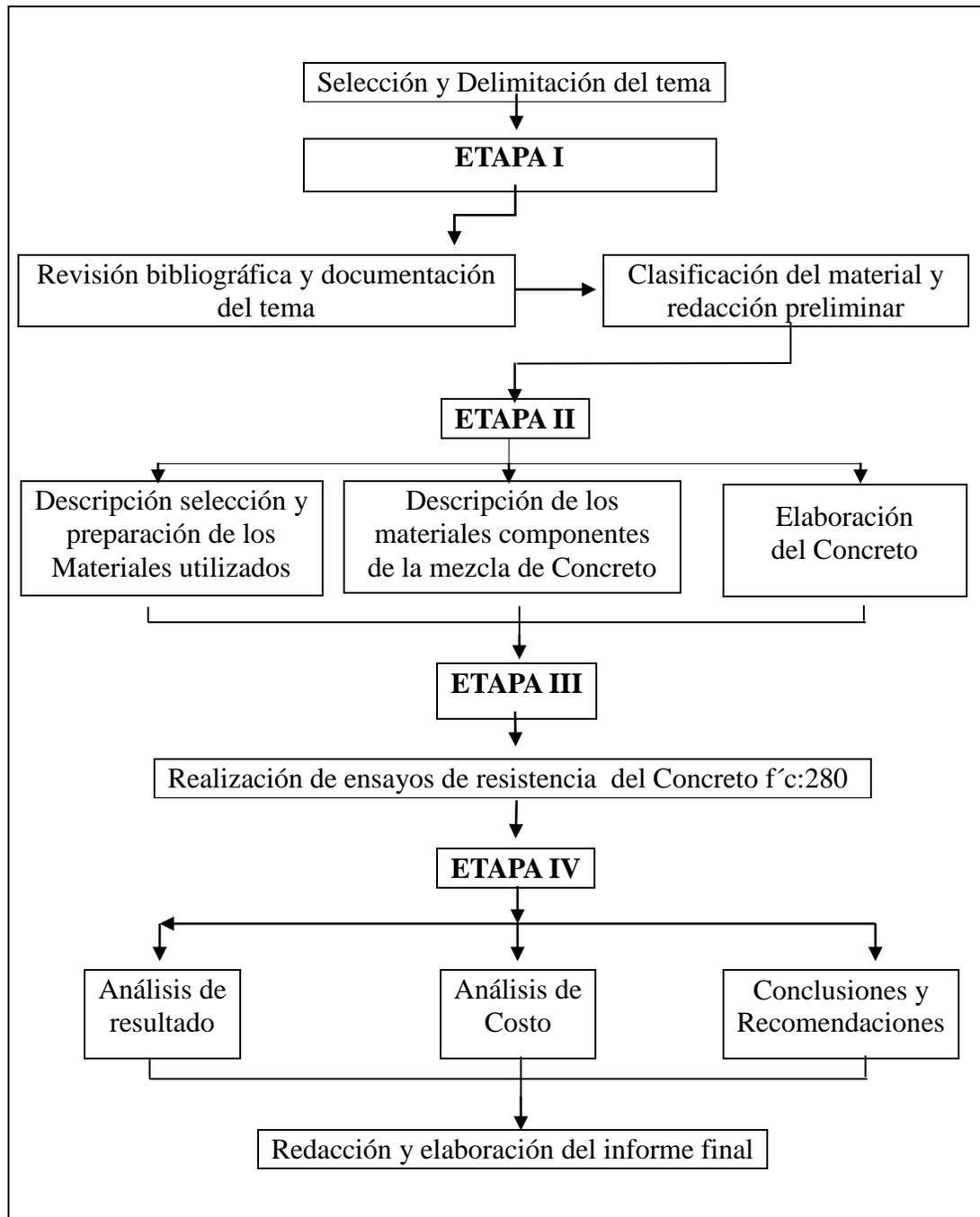


Figura 4.1 Flujograma de la metodología empleada en la investigación.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Describir las tendencias actuales sobre reciclado de residuos de la construcción.

En la actualidad los conceptos de ecología y medio ambiente están adquiriendo mayor importancia a nivel Mundial, esto afecta directamente a la industria de la construcción por que el tipo de actividades que involucran a la industria de la construcción pueden tener consecuencias perjudiciales e incluso irreversibles sobre el medio ambiente, aparte de que cada día son más escasos los recursos naturales primarios a extraer.

Existe la necesidad e importancia de tener que introducir en la construcción algunos cambios que ayuden a la conservación y al mejoramiento de nuestro entorno.

Una tendencia en la construcción actual es el reciclaje de Residuos de Construcción y Demolición, en la siguiente tabla se muestra una clasificación incluyendo los principales componentes dependiendo el tipo de actividad. (Tabla 5.1).

Tabla 5.1 Clasificación de Residuos de la Construcción y Demolición

ACTIVIDAD	TIPO DE OBRA	COMPONENTES PRINCIPALES
DEMOLICIÓN	Viviendas Edificios Obras publicas	Antiguas: mampostería, ladrillos, madera, yeso, tejas, etc.
		Resientes: ladrillo de hormigón, hierro, Acero, metales, escombro y plásticos
		Industriales: hormigón, acero, ladrillo, Mampostería, etc.

CONSTRUCCIÓN	Excavación	Tierra
	Edificación y Obras publicas	Fierro, acero, ladrillo, bloques Tejas y materiales no féreos
	Reconstrucción	Suelo, roca, hormigón, cal, yeso, Pavimentos, ladrillos y escombros
	Otros	Madera, plásticos, etc.

La cuantificación del volumen de producción y composición de los residuos de demolición y construcción todavía se enfrenta al problema de la falta de datos o estadísticas viables en nuestro país, lo que nos obliga a manejar estimaciones efectuadas a través de cálculos indirectos.

Haciendo una comparativa con los países de la Unión Europea, a continuación se presenta la siguiente tabla en cual se indican las cifras de producción de Residuos de Demolición y Construcción.

En algunos países de la Unión Europea bajo una apropiada legislación, formulación, control y normas, se están consiguiendo niveles de reciclaje aceptables, la reutilización y reciclaje de los residuos y del concreto es ya una realidad en Europa. (Tabla 5.2).

Tabla 5.2 Producción de RCD en países de la Unión Europea

País	Producción (Miles de Toneladas)	Producción Per.-Capita (kg.-Hab.-año)
ALEMANIA	53.000	880
BÉLGICA	7.000	700
DINAMARCA	6.500	1.275
ESPAÑA	11.000	285
FRANCIA	30.400	580
HOLANDA	14.000	940
IRLANDA	400	110
ITALIA	2.750	50
REINO UNIDO	50.000	900

Como puede deducirse del contenido de esta tabla, la viabilidad de las cifras en ellos expresadas varía ampliamente de un país a otro, lo cual refleja en buena medida los diferentes niveles de atención que los gobiernos y empresas privadas del sector prestan a este tema.

Entrando en consideración de la procedencia de los residuos de demolición y construcción de acuerdo al tipo de actividad a continuación se presenta la siguiente tabla en donde se expresa el Porcentaje de reciclado de algunos países como Alemania, Dinamarca Y Holanda. (Tabla 5.3).

Tabla 5.3 Porcentaje de Reciclado en algunos países de UE.

País	Actividad	% de Reciclado
ALEMANIA	Obras de Construcción	62
	Obras de Demolición	32
DINAMARCA	Obras de Construcción	10
	Obras de Reparación	27
	Obras de Demolición	63
HOLANDA	Edificios de Viviendas	23
	Trabajos de Reparación	44

Los antecedentes en nuestro país son nulos en cuanto a reciclaje se refiere y más si hablamos de reciclaje de concreto, siendo esto uno de los principales problemas para nuestro gobierno y sobre todo para la industria.

Nuestro país produce anualmente cantidades importantes de metros cúbicos de concreto, de los cuales no se recicla ni el 1 % y los cuales se vierten incontroladamente en los basureros.

El escombros en nuestro país son los residuos menos cotizados, no son peligrosos y la legislación contra su vertido indiscriminado no se toma en cuenta por que no existe como tal.

En la actualidad la alternativa más extendida para la eliminación de estos residuos de construcción y demolición es el vertido, es importante tener en cuenta que estos ocupan un gran volumen dentro de los vertederos lo cual reduce el tiempo de vida útil de los mismos, generando a su vez un gran problema debido a la falta de lugares de depósito apropiados y esto se convierte en un grave problema ya que si no se gestionan correctamente pueden ocasionar impactos ambientales, provocando deterioro de los recursos naturales, contaminación, destrucción de flora, fauna y otros.

Los escombros son los residuos producidos en obras de demolición, remodelación y construcción. Habitualmente son clasificados como residuos urbanos, aunque más relacionados con una actividad industrial que domestica.

Volumétricamente significan la mayor fuente de residuos industriales generados por un país en vía de desarrollo, evaluándose en torno a 450 Kg. Por habitante al año.

El reciclaje presenta grandes atractivos frente a la utilización de materias primas naturales. La gran ventaja es que soluciona a un mismo tiempo la eliminación de unos materiales de desecho y que, mediante el aprovechamiento de éstos residuos para obtener una nueva materia prima, por lo tanto se reducen la cantidad de recursos naturales primarios a extraer.

Una alternativa de suministro en las sociedades avanzadas se encuentra en el reciclado y aprovechamiento de diferentes tipos de residuos. Algunos materiales de diferentes tipos de procesos productivos o por el contrario son de orígenes urbanos o procedentes del derribo de antiguas construcciones y obras. Todos ellos constituyen una fuente complementaria como materiales de construcción, ayudando su reciclaje además a la protección del medio ambiente.

El concreto de desecho origina tanto agregados finos como gruesos, cuyo potencial de uso es de gran diversidad en diferentes obras. Para la elaboración del concreto reciclado se debe contar con maquinaria especial que triture los desechos de demolición y genere un nuevo agregado con una variedad de granulometría adecuada para cada uso específico al que vaya a ser destinado.

Proceso de elaboración de las muestras cilíndricas de concreto: a continuación se describe en forma resumida y llevando una secuencia el proceso constructivo de las muestras de concreto f'c. 280, las etapas de la construcción son las siguientes:

- 1.- Ubicación y demolición del material reciclado.
- 2.- Preparación de los moldes cilíndricos
- 3.- Elaboración del mezclado de concreto para usarse en la construcción de las muestras.
- 4.- Vaciado del concreto en los cilindros
- 5.- Compactación por el método de la varilla de acero Norma COVENIN 338.



Figura 5.1 Diagrama de flujo que describe el proceso constructivo de las muestras de concreto.

5.2 Determinar las características mecánicas de los materiales reciclados en la mezcla de concreto mediante ensayos y procedimientos convencionales de diseño, según las normativas COVENIN 338.

Luego de haber definido en el capítulo anterior la dosificación, preparación y vaciado de las muestras de concreto cumpliendo con las normas COVENIN 338. Se obtuvo las características de las muestras de cada material.

Tabla 5.4 Muestras cilíndricas de concreto con agregado grueso reciclado (CR).

Muestra	Peso (kg)	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)
MR-1	12,524	30,03	15,20	181,45
MR-2	11,940	30,10	15,15	180,27
MR-3	12,590	30,09	15,05	177,90
MR-4	12,150	30,02	15,03	177,42
MR-5	12,425	30,40	15,10	179,08
MR-6	12,520	30,50	15,30	183,85
MR-7	12,120	30,10	15,08	178,60

Tabla 5.5 Muestras cilíndricas de concreto con agregado grueso natural (CN).

Muestra	Peso (kg)	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)
MN-1	12,720	30,50	15,15	180,26
MN-2	12,950	30,10	15,10	179,08
MN-3	12,840	30,15	15,05	177,89
MN-4	12,980	30,40	15,09	178,84
MN-5	12,780	30,25	15,10	180,05
MN-6	12,650	30,30	15,40	186,26
MN-7	12,840	30,40	15,25	182,65

Una vez cumplido el periodo de curado, se trasladaron las muestras al laboratorio (SIMPCA), donde se realizaron la compresión de las muestras, en la tabla 5.6 y 5.7 se muestran las cargas máximas aplicadas en cada muestra de concreto.

Tabla 5.6 Carga aplicadas a las muestras de concreto reciclado (kgf.)

Edad de las muestras	Identificación de las muestras de CR						
	MR-1	MR-2	MR-3	MR-4	MR-5	MR-6	MR-7
7 días	47.676	46.374	-	-	-	-	-
14 días	-	-	52.456	51.452	-	-	-
28 días	-	-	-	-	62.947	61.742	62.344

Tabla 5.7 Carga aplicadas a las muestras de concreto natural (kgf.)

Edad de las muestras	Identificación de las muestras de CN						
	MN-1	MN-2	MN-3	MN-4	MN-5	MN-6	MN-7
7 días	53.544	51.419	-	-	-	-	-
14 días	-	-	61.670	60.980	-	-	-
28 días	-	-	-	-	77.924	78.101	76.334

De los datos obtenidos de los ensayo de compresión, se va observando cómo los cilindros de concreto van incrementando la resistencia con el pasar de los días y como era de esperar de acuerdo a estudios anteriores, también se observa que la prensa tuvo que aplicar menos carga en las muestras de concreto con agregado grueso reciclado que en la de concreto con agregado grueso natural.

5.2.1 Resistencias a compresión obtenidas por las dos mezclas de concreto

Para el cálculo de la resistencia de compresión de las muestras cilíndricas, se promedia el valor por día de ensayo, para de esta forma obtener los valores de resistencia. La cual se obtiene de la siguiente fórmula:

$$R_c = \frac{P}{A}$$

Donde:

R_c = Resistencia a compresión kg/cm²

P = Carga máxima aplicada kgf.

$A = \text{Área de la sección transversal del cilindro, cm}^2$

Tabla 5.8 Valores de resistencia de las muestras.

Material en ensayo	Resistencia obtenida en el concreto para cada día de ensayo (kg/cm ²)		
	DÍA 7	DÍA 14	DÍA 28
Concreto con agregado grueso reciclado (CR)	259,89	291,28	340,70
Concreto con agregado grueso natural (CN)	292,08	343,82	423,34

En la tabla 5.8 se muestran los resultados finales del ensayo de resistencia para las muestras tanto de concreto reciclado como la del concreto natural; también se observa la diferencia entre los valores de resistencia por día de ensayo, se nota que el concreto natural alcanzó mayor resistencia que la del reciclado, a pesar de esto el concreto reciclado obtuvo un valor de resistencia 18% mayor que la resistencia de diseño.

5.3 Comparar los resultados obtenidos con la mezcla de concreto con material reciclado y las de concreto convencional.

Antes de entrar en los resultados es importante destacar investigaciones sobre el uso de concreto reciclado, lo cual nos permitirá tener una mejor idea de los resultados obtenidos.

En Rusia, en 1946 Gluzhge investigó el uso de desechos de concreto como agregado. Encontró que el agregado de concreto demolido tenía un peso específico menor que el del agregado natural, y que el concreto preparado con el agregado del Concreto demolido tenía una resistencia a la compresión menor que la del concreto natural.

Por otra parte, con resistencia a la flexión del concreto con agregados de concreto demolido era mayor que la de las mezclas de control. Si se usaban agregados finos, de concreto, el contenido de cemento tenía que aumentar excesivamente.

En Alemania Graf estudio el uso de los desechos de construcciones como agregado, en 1948. Para constituir su trabajo, examino el efecto de la contaminación de yeso, añadiendo cantidades determinadas de este al producto de la demolición.

Determino que aproximadamente un 1 % de SO₃ en forma de yeso, era el nivel máximo de tolerancia. Y que el polvo causaba una expansión mayor en un tiempo menor, en comparación con los granos de yeso de 1 a 7 mm. También encontró que el yeso tiende a concentrarse en el material más fino.

Buck estudio las resistencias a la compresión, del concreto que contiene agregados de concreto reciclado encontró resistencias disminuidas, comparadas con las de una mezcla de control. Sin embargo pudo demostrar que la resistencia del concreto nuevo puede ser más alta que la resistencia original del concreto demolido que se incluye como agregado.

Los trabajos de Malhotra y de Frondistou – Llanas. Al trabajar dentro de un rango de relación agua / cemento, encontraron que no existía diferencia alguna entre trabajabilidad de las mezclas que contenían un agregado grueso de concreto reciclado, más uno fino de arena natural, y entre las elaboraciones con agregados naturales, totalmente frescos. Sin embargo, cuando Malhotra utilizo agregados finos de concreto demolido, encontró un aumento repentino en la cantidad de agua necesaria.

Buck y Malhotra han estudiado la resistencia al congelamiento/deshielo del concreto preparado con agregados de concreto reciclado. Buck informo sobre sus resultados explicándolos como un factor de durabilidad después de 300 ciclos de congelamiento/deshielo, dichos resultados aparecen resumidos en la tabla 5.9

Malhotra evaluó la resistencia al congelamiento/deshielo del concreto, mediante mediciones de la velocidad del pulso ultrasónico, durante y después del ciclo de congelamiento /deshielo, y mediante mediciones de resistencia a la flexión, al finalizar el periodo.

Tanto Buck como Malhotra encontraron que la resistencia al congelamiento/deshielo del concreto preparado con agregados de concreto reciclado era similar a la de los concretos de control, excepto que Malhotra encontró que el concreto preparado con grava de sílice reciclada presentaba una mejor resistencia al congelamiento/deshielo que la del concreto preparado con grava de sílice original. Esto se debe a que el mortero utilizado anteriormente recubre la superficie de las partículas de grava; en el concreto demolido sella los poros e impide la entrada de agua a las partículas de sílice susceptibles al congelamiento.

Tabla 5.9 Factor de durabilidad del concreto con agregado reciclado después de un ciclo acelerado de congelamiento / deshielo.

Tipo de agregado utilizado	Nº de Ciclos	Factor de durabilidad
Grava de sílice y arena	300	3
Agregado grueso de concreto reciclado (Sílice) y arena	300	23
Concreto demolido (Grava de sílice) grueso y fino	300	28
Agregado grueso de caliza, y arena	300	62
Agregado grueso de concreto demolido de caliza, y arena	300	45

La mayoría de las investigaciones sobre el reciclado del concreto se refiere al escombros de concreto no contaminado, por ejemplo el que proviene de la demolición de carreteras. Cuando este se tritura a un tamaño utilizable, produce agregados con partículas en forma piramidal, o redondeado con una textura superficial más lisa que la caliza triturada o que la arena natural.

El agregado de concreto reciclado tiene una capacidad de absorción de humedad relativamente elevada y una gravedad específica relativamente baja, ver tabla 5.10; ambas características se derivan de la presencia de la pasta de cemento relativamente ligera, absorbente de humedad, que está adherida al nuevo concreto.

Tabla 5.10 Propiedades físicas del agregado.

Tipo De agregado	Gravedad específica a granel (superficie saturada, Base seca)	Absorción (%)
Agregado reciclado		
Grueso	2.52	3.9
Fino	2.34	7.6
Agregado natural		
Cal triturada	2.67	0.8
Grava de pedernal	2.52	2.6
Arena natural	2.63	0.4

El concreto es tan resistente como el más débil de sus enlaces. En el concreto de peso normal, el enlace más débil es usualmente la adherencia pasta-agregado. Subsecuentemente, la superficie de fractura sigue su curso preferentemente alrededor del agregado, a través de la interface pasta-agregado, el agregado escapa a la fractura y, por lo tanto no se aprovecha su elevada resistencia.

Consecuentemente si se sustituye el agregado natural por otro menos resistente, no se afecta la resistencia del concreto, siempre y cuando la adherencia pasta

agregado continué siendo el enlace más débil y que la resistencia de esta adherencia haya disminuido.

Una vez establecido los diferentes estudios realizados al concreto reciclado y observando los datos obtenidos de los ensayo de compresión, se va observando cómo los cilindros de concreto van incrementando la resistencia con el pasar de los días tanto los de Concreto reciclado, como los de concreto Natural y como era de esperar, también se observa que la prensa tuvo que aplicar menos carga en las muestras de concreto con agregado grueso reciclado que en la de concreto con agregado grueso natural, observándose una mayor resistencia en cuanto a cargas aplicadas por parte del concreto natural y como esta resistencia aumentaba con el pasar de los días, incluso aumentando de manera considerable con respecto a la del concreto reciclado.

Una vez observado esto se pasó a calcular la resistencia de los diferentes ensayos, donde se pudo confirmar que los dos concretos cumplen con lo establecido en las normas Covenin 338, sin embargo el concreto natural adquiere una resistencia mucho mayor que la del concreto reciclado, la cual aumenta con el pasar de los días.

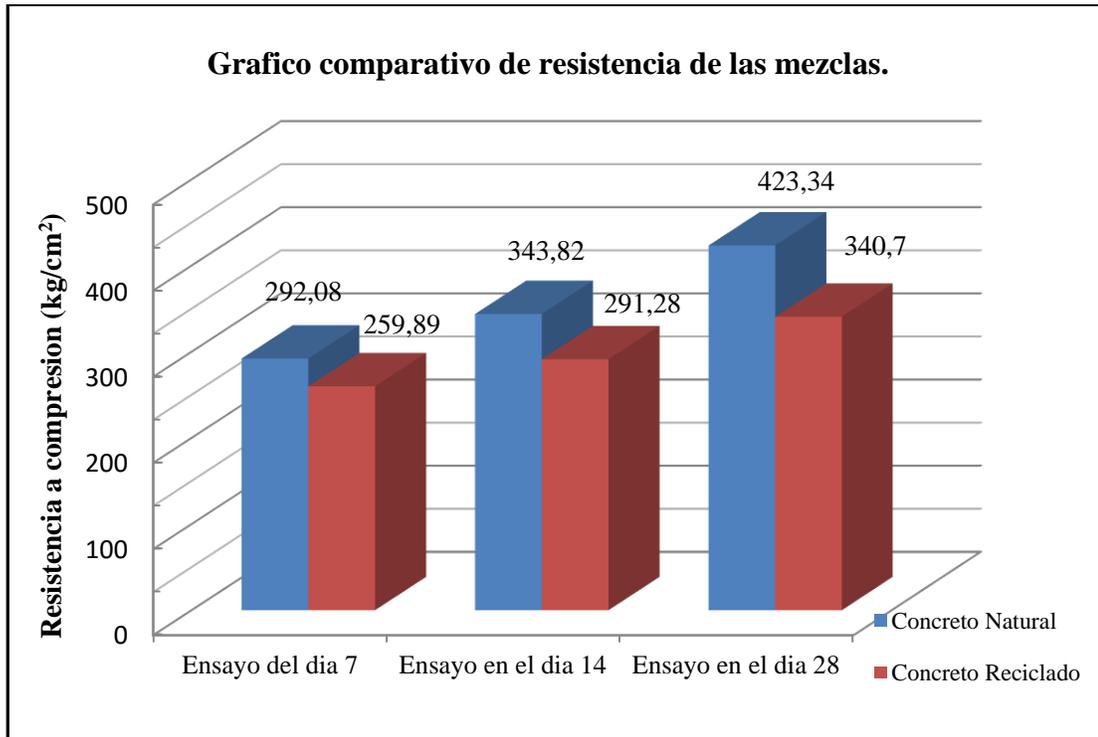


Figura 5.1 Diferencia entre la resistencia de las mezclas de concreto.

5.4 Analizar el costo de construcción con concreto reciclado y compararlo con el costo requerido en la construcción de concreto convencional.

En este paso se realizara un análisis de costo de construcción correspondiente a una partida de concreto para un m³. Y los precios por unidad de los materiales, mano de obra y equipos necesarios son:

Materiales:

- 1.- Cemento vencemos gris tipo III: 28,00 Bs.F x Saco
- 2.- Arena lavada: 80,00 Bs.F x m³
- 3.- Piedra Picada: 230,00 Bs.F x m³

Mano de obra:

- 1.- Maestro de obra de 1ra: 106,28 Bs.F x día
- 2.- Albañil de 1ra: 83,31 Bs.F x día
- 3.- Obrero de 1ra: 66,05 Bs.F x día
- 4.- Maquinista de concreto de 1ra: 74,49 Bs.F x día

Equipos:

- 1.- Equipo básico de albañil: 467,02 Bs.F
- 2.- Mezcladora de concreto 220 Lts 3001: 312,00 Bs.F x día
- 3.- Pala rectangular: 110,00 Bs.F x Pza.

Para realizar el análisis económico se escogió la siguiente partida de concreto; **“Concreto de Fc’ 280 kg/cm² a los 28 días, acabado obra limpia para la construcción de columnas rectangulares, incluye transporte del cemento y agregados hasta 50 km y excluye el refuerzo metálico y el encofrado”**. Se realizara dos análisis de la misma partida con la diferencia que, una lleva agregado natural y el otro agregado reciclado, para así establecer diferencias entre ellas.

Para esto se debe establecer primero el costo de producción o trituración del agregado reciclado. Para efecto de esta investigación y como en el país no existen plantas de reciclaje de escombros. Se quiere conocer el costo de la trituración y aprovechamiento de estos residuos en la misma obra, esto quiere decir rescatar los residuos de concreto producto de la demolición en la obra de forma manual.

Los residuos de concreto utilizados en este trabajo, fueron triturados de forma manual con el fin de establecer el rendimiento de dos obreros en la demolición.

5.4.1 Análisis de costo de trituración manual

Mano de obra:

1.- Obreros de 1ra = 66,05 Bs.F x día

Equipos:

1.- Mandarria mango largo de 6 kg = 232,5 Bs.F x Pza.

2.- Mandarria mango corto de 3 kg = 141,96 Bs.F x Pza.

3.- Pala rectangular: 110,00 Bs.F x Pza.

4.- Carretón para concreto: 60,38 Bs.F x día.

Tabla 5.11 Estimación de costo por metro cubico de agregado grueso reciclado

Partida	TRITURACIÓN DE RESIDUOS DE CONCRETO DE FORMA MANUAL PARA SU REUTILIZACIÓN EN OBRA				
Unidad	1 m ³				
Rendimiento	4 m ³ x día				
Equipo	Unidad	Cantidad	Dep.	Costo	Total
Carretón para concreto	día	1	1	60,38	60,38
Pala rectangular	-	2	0,010	110,00	2,20
Mandarria mango corto de 3 kg	-	2	0,010	141,96	2,84
Mandarria mango largo de 6 kg	-	2	0,010	232,50	4,65
Total Equipos					70,07
Unitario de Equipos					17,51
Mano de Obra	Unidad	Cantidad	Salario	T. Desp.	Total
Obrero de 1ra	día	2	66,05	1,00	132,10
Total Mano de Obra					132,10
Mano de Obra Directa					132,10

240% Prestaciones sociales	317,04
Total Mano de Obra	449,14
Costo Unitario de Mano de Obra	112,29
Costo Directo Por Unidad	129,80
15 % de Administración	19,47
Subtotal	149,27
10% de Utilidad	14,93
Precio Unitario S/IVA	164,20
Total por m³= 164,20 Bs.F	

En la tabla anterior se muestra el costo por m³ de producción de agregado grueso reciclado en obra, pero es visto que este valor depende plenamente del rendimiento de la partida. Para esta investigación se estimó un rendimiento de 4 m³ x día, de acuerdo a nuestra experiencia se adoptó este valor.

Tabla 5.12 Estimación de costo por metro cubico de una partida de concreto con agregado natural.

Partida	CONCRETO DE FC' 280 KG/CM² A LOS 28 DÍAS, ACABADO OBRA LIMPIA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE COLUMNAS RECTANGULARES, INCLUYE TRANSPORTE DEL CEMENTO Y AGREGADOS HASTA 50 KM Y EXCLUYE EL REFUERZO METÁLICO Y EL ENCOFRADO.				
Unidad	1 m ³				
Especificaciones	Concreto 280 kg/cm ²				
Rendimiento	6 m ³ x día				
Materiales	Unidad	Cantidad	% Desp.	Costo	Total
Cemento portland tipo III	saco	9	2	28,00	257,04
Arena lavada	M ³	0,44	2	80,00	35,90
Piedra picada	M ³	0,88	2	230,00	206,45
Agua	M ³	0,17		2,80	0,48
Total Material					499,87
Unitario de Materiales					499,87
Equipo	Unidad	Cantidad	Depreciación	Costo	Total
Equipos Básico para Albañil	S.G	1	0,058734	467,02	27,42

Mezcladora de concreto 550 Lts	Día	1	1,000000	690,00	690,00
Carretón para concreto	Día	2	1,000000	60,38	120,38
Palas rectangulares	Pza.	3	0,010000	110,00	3,30
Total Equipos					841,49
Unitario de Equipos					140,25
Mano de Obra	Unidad	Cantidad	Salario	T. Desp	Total
Maestro de obra de 1ra	Día	1	106,28	0,3	31,88
Albañil de 1ra	Día	1	83,31	1	83,31
Obrero de 1ra	Día	4	66,05	1	264,20
Maquinista de concreto de 1ra	Día	1	74,49	1	74,49
Total de Mano de Obra					453,88
Mano de Obra Directa					453,88
240% Prestaciones sociales					1.089,32
Total Mano de Obra					1.543,20
Costo Unitario de M.O					257,20
Costo Directo Por Unidad					897,32
15 % de Administración					134,59
Subtotal					1.031,91
10% de Utilidad					103,19
Precio Unitario S/IVA					1.135,11
Total por m³= 1.135,11 Bs.F					

Tabla 5.13 Estimación de costo por metro cubico de una partida de concreto con agregado grueso reciclado.

Partida	CONCRETO DE FC' 280 KG/CM² A LOS 28 DÍAS, ACABADO OBRA LIMPIA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE COLUMNAS RECTANGULARES, INCLUYE TRANSPORTE DEL CEMENTO Y AGREGADOS HASTA 50 KM Y EXCLUYE EL REFUERZO METÁLICO Y EL ENCOFRADO.
Unidad	1 m ³
Especificaciones	Concreto 280 kg/cm ²
Rendimiento	6 m ³ x día

Materiales	Unidad	Cantidad	% Desp.	Costo	Total
Cemento portland tipo III	saco	9	2	28,00	257,04
Arena lavada	M ³	0,44	2	80,00	35,90
Agregado Grueso Reciclado	M ³	0,88	2	164,20	206,45
Agua	M ³	0,17		2,80	0,48
Total Material					440,80
Unitario de Materiales					440,80
Equipo	Unidad	Cantidad	Dep.	Costo	Total
Equipos Básico para Albañil	S.G	1	0,058734	467,02	27,42
Mezcladora de concreto 550 Lts	Día	1	1,00000	690,00	690,00
Carretón para concreto	Día	2	1,00000	60,38	120,38
Palas rectangulares	Pza.	3	0,01000	110,00	3,30
Total Equipos					841,49
Unitario de Equipos					140,25
Mano de Obra	Unidad	Cantidad	Salario	T. Desp.	Total
Maestro de obra de 1ra	Día	1	106,28	0,3	31,88
Albañil de 1ra	Día	1	83,31	1	83,31
Obrero de 1ra	Día	4	66,05	1	264,20
Maquinista de concreto de 1ra	Día	1	74,49	1	74,49
Total de Mano de Obra					453,88
Mano de Obra Directa					453,88
240% Prestaciones sociales					1.089,32
Total Mano de Obra					1.543,20
Costo Unitario de M.O					257,20
Costo Directo Por Unidad					838,26
15 % de Administración					125,74
Subtotal					963,99
10% de Utilidad					96,40
Precio Unitario S/IVA					1.060,39
Total por m³= 1.060,32 Bs.F					

En la tabla 5.12 y 5.13 se utilizó el análisis de precio unitario para establecer diferencias en el costo del concreto con agregado grueso reciclado y con agregado grueso natural. En la siguiente Figura se exponen la diferencia en costo.

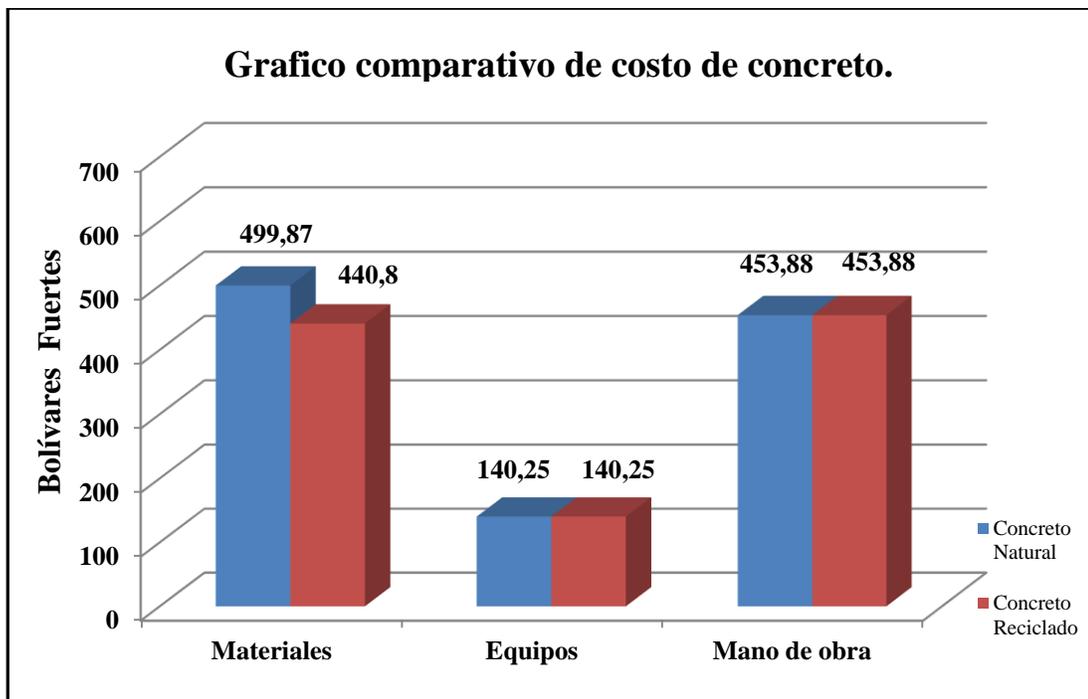


Figura 5.2 Diferencia grafica del costo del concreto.

Como se observa en la figura 5.2 la diferencia de se ve claramente en el costo de los materiales, ya que para los equipos y la mano se usaron iguales cantidades de obra. El uso del concreto con agregado reciclado difiere del concreto natural un 6.53 % de ahorro; en tal sentido la mezcla de concreto con material reciclado resulta un poco más económica.

5.5 Identificar, de acuerdo a las características y naturaleza de las mezclas de concreto obtenida, el uso más apropiado en la construcción como elemento estructural o no estructural.

Con base a las propiedades estudiadas y de acuerdo a los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia, las aplicaciones del concreto reciclado pueden ser diversas. Sabemos de estudios previos que poseen mayor resistencia a la flexión los concretos con agregados de origen reciclado que los de origen natural. Lo que hace suponer que su principal empleo sea en la reconstrucción y construcción de pavimentos, como agregado en sub-bases granulares, sub-bases de concreto pobre. Otras aplicaciones pueden ser donde la resistencia requerida sea baja, como en la construcción de aceras y brocales.

El agregado de concreto reciclado puede servir para fabricar mezclas asfálticas, como las que se producen en Holanda, donde el agregado se tritura a una granulometría de 0 hasta 32 mm. El material se mezcla a un 5% de cemento y arena así como de agua; se incorpora como sub-bases bajo las cubiertas negras de asfalto.

El uso en elementos estructurales de concreto no está limitado para el concreto reciclado, pues aún con la disminución de resistencia que presenta éste, se puede solucionar con una adición extra de cemento cuyo costo puede compensarse con un bajo precio del agregado de reciclaje.

El agregado reciclado deberá ser ensayado para investigar su durabilidad, granulometría y otras propiedades, así como el concreto nuevo deberá ser verificado en su calidad para determinar las proporciones correctas de la mezcla; será necesario realizar mezclas de prueba con el concreto nuevo. Dicho proceso resulta de vital

importancia ya que la variabilidad de las propiedades del concreto viejo afecta las propiedades del concreto nuevo.

El punto más importante en la aplicación del concreto reciclado, lo constituye el factor económico. Si el costo del agregado reciclado es menor que el de agregado natural, su uso será extenso. Si existen circunstancias como la no existencia de agregados naturales disponibles o, arenas donde el agregado natural no es suficiente para atender la demanda, así como lugares en los que las cantidades de escombros de concreto generadas sean lo suficientemente grandes para permitir buena economía del proceso, dependerá su uso y aplicación para cada lugar en particular.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Conclusiones

- 1.- A la vista de las propiedades que se han descrito se puede obtener la conclusión de que el concreto elaborado con agregado grueso reciclado es más parecido al concreto con agregado natural o fabricado convencionalmente de lo que inicialmente se pudiera pensar.
- 2.- Sin embargo la menor calidad del agregado reciclado hace que se limiten las potenciales aplicaciones debido a que con dicho agregado no alcanza la misma resistencia a compresión que con agregado natural y tiene una mayor heterogeneidad en diferentes partidas de material, por lo que el empleo de agregado grueso reciclados se limitará a concreto estructurales de bajas prestaciones.
- 3.- Si no se estableciera esta limitación existe la posibilidad de encontrarnos problemas de seguridad en estructuras provocadas por anomalías puntuales de los agregados reciclados.
- 4.- Por otro lado, para los proyectistas existen demasiados inconvenientes en el empleo de estos materiales, debido a la ausencia de normativa que ampare el concreto reciclado.
- 5.- También se ha estudiado que el costo de concreto reciclado con relación al convencional, es muy similar, con lo que se introduce una traba más a la incorporación del concreto reciclado como parte del abanico de materiales

disponibles en construcción. Es posible que este aspecto se pueda solventar con ayudas por parte de la Administración, bien en ayudas económicas directas, o bien como mayores puntuaciones en concursos de licitación pública, promoviendo el uso de estos materiales.

6.-De cualquier forma, está totalmente justificado el estudio de este material como material de construcción, ya que desde un punto de vista tanto técnico como medioambiental, es un material totalmente válido, con las consideraciones descritas, que contribuye a solucionar un grave problema de la sociedad desarrollada como es el excesivo destino de materiales a vertedero.

Recomendaciones

- 1.-Se hace necesaria la adopción de un sistema de clasificación de los RCD, a fin de obtener estadísticas confiables y comparables tanto a nivel nacional como internacional. En este sentido podría adoptarse en un futuro una clasificación válida para toda Latinoamérica, basándonos en la vasta y exitosa experiencia de países UE.
- 2.-Deben establecerse controles más estrictos por parte de los organismos públicos, para evitar el vertido indiscriminado de los RCD, y estudiar las reglamentaciones existentes y crear las necesarias para fomentar la valoración de los residuos y minimizar el vertido.
- 3.-Se aconseja analizar la posibilidad de la instalación de un centro de transferencia o depósito, al cual lleguen los residuos de construcción y demolición recolectados, tanto por empresas especializadas como por

independientes, y donde se efectúe una selección de los materiales y se determine su destino posterior.

- 4.- Todo esto debe ir necesariamente acompañado de una campaña de concientización e información acerca de los daños causados por la disposición final indiscriminada de estos residuos, como así también, de los diversos usos que tienen los materiales recuperados.

BIBLIOGRAFÍA.

Aguilar, Alfonso (1.997) **RECICLADO DE MATERIALES DE LA CONSTRUCCIÓN.** 10 de Julio 2010 [<http://habitat.aq.upm.es/boletin/n2/aconst1.html>]

Balestrini A., Marian (2.002) **COMO SE ELABORA EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.** Sexta Edición. BL Consultores Asociados, Servicio Editorial. Caracas – Venezuela. pp. 248-265.

Cruz, Jorge y Velázquez Ramón (2.004) **CONCRETO RECICLADO.** Trabajo de grado para obtener el Título de Ingeniero civil. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura. E.S.I.A. Unidad Zacatenco. México DF.

Decreto 2.216, (1.992). **NORMAS PARA EL MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DE ORIGEN DOMÉSTICOS, COMERCIAL, INDUSTRIAL, O DE CUALQUIER OTRA NATURALEZA QUE NO SEAN PELIGROSOS.** Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, República de Venezuela.

John, Niels. (1.997) **PRODUCCIÓN DE RESIDUOS DE LA DEMOLICIÓN Y RECICLAJE.** 15 de Julio 2.010 [<http://habitat.aq.upm.es/boletin/n2/aconst2.html>]

Martínez, Emilio y Domínguez, J (2.007) **REINSERCIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN AL CICLO DE VIDA DE LA**

CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS. Ingeniería Revista Académica, año/vol. 11, numero 03. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida. México. pp. 43-54

Molina, José. (1.997) **RECUPERACIÓN DE MATERIALES DE LA CONSTRUCCIÓN.** 15 de Julio 2.010 [<http://habitat.aq.upm.es/boletin/n2/a1molina.html>]

Prieto, Francisco y Alfonso, Juan (2004) **RECICLAJE DE ESCOMBROS EN LA CONSTRUCCIÓN: UN ALTERNATIVA ECOLÓGICA PARA MÉXICO.** Centro de Investigaciones Químicas de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México. pp. 94-100

APÉNDICES

APÉNDICE A
FOTOGRAFÍA DE LOS ENSAYOS A COMPRESIÓN A LA EDAD
DE 7 DÍAS



A.1 Colocación del cilindro de concreto en la prensa.



A.2 Carga máxima aplicada a la muestra cilíndrica.



A.3 Cilindro después de aplicada la carga.

APÉNDICE B
FOTOGRAFÍA DE ENSAYO A COMPRESIÓN A LA EDAD DE 14
DÍAS.



B.1 Cargar máxima aplicada a la muestra a los 14 días Junto al personal de Simpca.



B.2 Muestra cilíndrica después de aplicada la carga máxima.

APÉNDICE C
FOTOGRAFÍA DE ENSAYO A COMPRESIÓN A LA EDAD DE 28
DÍAS.



C.1 Muestra cilíndrica de concreto después de aplicada la carga máxima a los 28 días.



C.2 Muestra cilíndrica de concreto luego de ser ensayada y retirada de la prensa.

ANEXOS



A. MAQUINA DE CRIBA UTILIZADA PARA TRITURACION DE RCD.



B. VEREDAS EUROPEAS CONSTRUIDAS CON CONCRETO RECICLADO.



C. PRIMER PUENTE CONSTRUIDO CON CONCRETO RECICLADO.

Como un ejemplo patente de la sostenibilidad de la construcción en concreto, se ha construido en la ciudad de Valencia. España, el primer puente a nivel internacional, que utiliza únicamente concreto reciclado, proveniente de las vigas de un puente desafectado por obsoleto.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/5

Título	Análisis de la incorporación de materiales reciclados de los residuos de la construcción, para ser usados como agregados en elementos estructurales o no estructurales.
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Barroso L. Geneabel J.	CVLAC	15.970.462
	e-mail	genialisgenial@hotmail.com
	e-mail	
Gomez C. Carlos R.	CVLAC	14.779.014
	e-mail	carlosgomez1943@hotmail.com
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Residuos de Construcción
Agregados
Reinserción
Concreto reciclado

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/5

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Departamento de Ingeniería civil	Ingeniería Civil

Resumen (abstract):

En el presente trabajo de investigación se planteo como objetivo general “Analizar la incorporación de materiales reciclados a partir de los residuos de la construcción, para ser usados como agregados en elementos estructurales o no estructurales” mediante los ensayos de compresión de cilindros de concreto, cumpliendo con lo que establece en la norma Venezolana COVENIN 338:2002. Los materiales usados para la fabricación del concreto a ensayar fueron residuos de concreto viejo premezclado, de donde se obtuvo el agregado grueso luego del método de trituración o cribado, el agregado fino y el cemento fueron los mismos usados en concreto convencionales. En este sentido se determino que al someter al concreto reciclado a ensayos de compresión, se observo que este no alcanzo los estándares en su totalidad, pero se encontraron resultados positivos en comparación con el material de referencia de la región. Se puede concluir que la incorporación de los residuos de concreto con agregado grueso nuevo al ciclo productivo de la construcción, es una alternativa viable, un ejemplo demostrativo para la transferencia de tecnología a la sociedad, además muestra beneficios económicos y ecológicos implícitos.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/5

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Grieco S. Giovanni	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	8.868.256
	e-mail	griecogiov@yahoo.com
	e-mail	
Guevara S. Orlando E.	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	4.983.662
	e-mail	oguesa1958@hotmail.com
	e-mail	
Martínez Jesús	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	18.236171
	e-mail	
	e-mail	
	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2011	02	16

Lenguaje: spa

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/5

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
Tesis-Análisis de la incorporación de materiales reciclados de los residuos de la construcción, para ser usados como agregados en elementos estructurales o no estructurales.doc	Application/msword

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 _ - .**

Alcance:

Espacial: _____ (Opcional)

Temporal: _____ (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo: Ingeniero Civil

Nivel Asociado con el Trabajo: Pregrado

Área de Estudio: Departamento de ingeniería civil

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado: Universidad de Oriente

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/5

Derechos:

**De acuerdo al artículo 44 del reglamento de trabajos de grado
“Los Trabajos de grado son exclusiva propiedad de la
Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizadas a otros
fines con el consentimiento del consejo de núcleo respectivo,
quien lo participara al Consejo Universitario”**

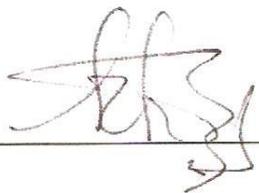
Condiciones bajo las cuales los autores aceptan que el trabajo sea distribuido. La idea es dar la máxima distribución posible a las ideas contenidas en el trabajo, salvaguardando al mismo tiempo los derechos de propiedad intelectual de los realizadores del trabajo, y los beneficios para los autores y/o la Universidad de Oriente que pudieran derivarse de patentes comerciales o industriales



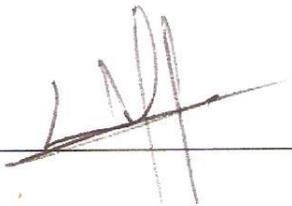
AUTOR 1



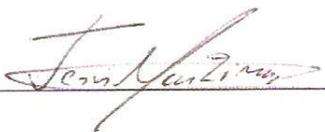
AUTOR 2



TUTOR



JURADO 1



JURADO 2

POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS:

