



# **Universidad Nacional Autónoma de México**

## **Facultad de Ingeniería**

### **REUSO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN ENFOQUE AMBIENTAL Y SUSTENTABLE**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL GRADO:**

**INGENIERO CIVIL**

**PRESENTA:**

**DANIEL LUNA CORTÉS**

**TUTOR:**

**DRA. MARÍA NEFTALÍ ROJAS VALENCIA**

**MÉXICO D.F. CIUDAD UNIVERSITARIA 2012**

---

## JURADO ASIGNADO:

Presidente: Ing. Marcos Trejo Hernández

Secretario: Ing. Evelyn Salazar Guerrero

Vocal: Dra. María Neftalí Rojas Valencia

Primer suplente: M.I. Rodrigo Sepúlveda Hirose

Segundo suplente: M.I. Josué Garduño Chávez

## DIRECTOR DE TESIS:

Dra.: María Neftalí Rojas Valencia

## *Agradecimientos:*

*A mis padres Daniel y Violeta y a mi amiga Rosa María Arvizu (qepd) por su paciencia, apoyo y amor...*

*A mis maestros y en especial a la Dra. María Nestalí Rojas Valencia por el desarrollo de este trabajo...*

*... Y a todos mis amigos por compartir y transitar este tiempo.*

---

Libero el pasado y vivo el presente.

Rosy Arvízu

---

# Índice General

	Página
<b>Capítulo 1. INTRODUCCIÓN</b>	6
1.1 Gobierno	7
1.2 Educación y cultura ambiental	8
1.3 Sociedad	8
<b>Capítulo 2. ANTECEDENTES Y PANORAMA DEL RECICLAJE EN MÉXICO</b>	10
2.1 Reseña: Breve historia	11
2.1.1 Definición	12
2.1.2 Panorama del reciclaje en México	12
2.1.3 RSU y RCyD	15
2.2 Estadísticas de su generación	17
2.3 Problemática de los desechos en México	19
2.3.1 La falta de espacios y la generación de RCyD	20
2.4 Normatividad	21
2.4.1 Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)	22
2.4.2 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos (LGPGIR)	24
2.4.3 Norma Ambiental del DF (NADF)	24
2.4.4 Normas Técnicas Mexicanas	26
<b>Capítulo 3. OBJETIVOS</b>	28
3.1 Objetivo general	29
3.2 Objetivos particulares	29
<b>Capítulo 4. METODOLOGÍA</b>	30
4.1 Metodología planteada	31
<b>Capítulo 5. RESULTADOS</b>	34
<b>5.1 Manejo de los RCyD</b>	36
5.1.1 Definición	36
5.1.2 Clasificación de los materiales reciclables de la construcción	36
5.1.3 Manejo de los RCyD	39
5.1.4 Industria de la construcción en México y otras naciones	42
5.1.4.1 México	42
5.1.4.2 España	43
5.1.5 Reutilización de RCyD en el ámbito nacional e internacional	44
5.1.5.1 Recuperación, reutilización y reciclado de RCyD	45
5.1.6 Planes de manejo	50
5.1.6.1 Plan de manejo de RCyD en México	51
5.1.6.2 Concretos Reciclados	52
<b>5.2 Lo más rentable: Distintos Materiales Reciclados</b>	56
5.2.1 Rentabilidad de empresas recicladoras	56
5.2.2 Recolección de los materiales reciclables	57
5.2.2.1 Los materiales reciclables	58
5.2.3 Demanda existente en el consumo de materiales reciclados (mercado)	59
5.2.3.1 Tratamiento Industrial de los Residuos Sólidos Urbanos TI/RSU	59
5.2.3.2 Esquema y bondades de una planta de TI/RSU	61

5.2.4 Costos económicos y ahorro	62
5.2.4.1 Autosuficiencia para la gestión de los residuos	64
5.2.5 Otras aplicaciones para los materiales reciclados	65
<b>5.3 Sustentabilidad: Tecnologías y Medio Ambiente</b>	67
5.3.1 Desarrollo sustentable	67
5.3.2 Impacto Ambiental	67
5.3.2.1 Construcción y materiales sostenibles	71
5.3.2.2 Materiales de concreto amigables con el ambiente	73
5.3.2.2.1 Aplicaciones	76
5.3.3 RCyD que llegan al Relleno Sanitario Bordo Poniente	77
5.3.3.1 Tratamiento de los residuos	78
5.3.3.2 Riesgos a la salud	79
5.3.4 Transporte de RCyD	79
5.3.5 La manufactura del material en nuevos productos	81
<b>5.4 Resultados del cálculo de generación de RCyD</b>	83
<b>Capítulo 6. CONCLUSIONES</b>	84
6.1 Conclusiones sobre el trabajo	85
<b>Capítulo 7. RECOMENDACIONES</b>	91
7.1 Recomendaciones generales	92
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	93
<b>ANEXOS</b>	96
A.1 NOM Tratamiento de Residuos	97
A.1.1 NOM Sobre Eficiencia Energética en Edificaciones	98
A.2 Sustentabilidad Energética en la Vivienda	99
A.3 Mapa Geográfico de Generación per-capita de Residuos	100
A.4 Aspectos importantes en la demolición selectiva	101
A.5 Aspectos importantes en la Excavación y transporte de los RCyD	104
A.6 Aspectos importantes en la gestión de RCyD en viviendas	106

## Índice de Tablas

	<b>Título</b>	<b>Página</b>
1.1	Asociaciones Civiles Ambientales	9
2.1	Datos numéricos de Generación de RSU	16
2.2	Generación de RSU por zonas del país	19
2.3	NOM de Residuos	27
5.1	Clasificación de RCyD según la NADF	36
5.2	Clasificación de RCyD según la UE	37
5.3	Generación de RCyD en España	44
5.4	Generación, reutilización e incineración de RCyD en la UE	47
5.5	Generación de RCyD en la UE	48
5.6	Plantas de tratamiento de RCyD en la UE	49
5.7	Resumen de RCyD enviados a reciclaje en el DF, 2005-2006	51
5.8	Ingresos estimados de Concretos Reciclados	56
5.9	Ingresos y costos de operación de Tech Bio	57
5.10	Ingresos de la Planta de TI/RSU, Tech Bio	57
5.11	Valorización de RCyD	64

5.12	Aspectos fundamentales la Construcción Sostenible	71
5.13	I.A. de materiales de construcción	73
5.14	Ventajas del uso de Block de concreto	75
5.15	Distancia promedio de las delegaciones del DF a Concretos Reciclados	80

## Índice de Figuras

	Título	Página
2.1	Fábrica de Cerveza	11
2.2	Construcción de Torre Latino Americana	12
2.3	Eco Fest 2011	14
2.4	Pepena	15
2.5	Gráfica de generación de RSU en la última década	16
2.6	Población en el 2030	17
2.7	Producción de vivienda en México	18
2.8	Gráfica de Generación de RS por zona geográfica	20
2.9 A	Abandono de RCyD en Vía Pública	21
2.9 B	Abandono de RCyD en Vía Pública	21
2.10	Jerarquía de Leyes Ambientales en México	22
2.11	Estructura de la NADF	25
4.1	Diagrama de metodología	31
4.2	Cuadro de investigación	32
5.1	Separación en planta de RCyD	39
5.2	Residuos de excavación	40
5.3	Planta de tratamiento de RCyD	41
5.4	Demanda de vivienda en México	42
5.5	PIB de España en la construcción	43
5.6	Material susceptible de ser reciclado	45
5.7	Material reciclable (hierro)	46
5.8	Ladrillos reciclables	47
5.9	Demolición de un edificio	50
5.10	RCyD abandonados en vía pública	52
5.11	Resiblock	60
5.12	Resiblock	60
5.13	Usos de Resiblock	60
5.14	Esquema de planta de TI/RSU	61
5.15	Residuos clasificados en planta	65
5.16	Casa ecológica	65
5.17	Casa ecológica con muros de llanta reciclada	66
5.18	Construcción de casa ecológica	66
5.19	Esquema de sustentabilidad ambiental	67
5.20	Quema de basura	68
5.21	Degradación del suelo	69
5.22	Contaminación del agua	69
5.23	Esquema de materiales de construcción	72
5.24	Block de concreto para pisos	74
5.25	Block de concreto para muros	74

5.26	Block de concreto hueco	75
5.27	Aplicaciones del Block de concreto en la vivienda	76
5.28	Aplicaciones del Block de concreto en la vivienda	76
5.29	Construcción con Block de concreto	77
5.30	Porcentaje de RCyD en el Bordo Poniente	78
5.31	Depósito de RCyD en contenedores	80
6.1	Ciclo económico de los RCyD	87

## Índice de Fotografías

	<b>Título</b>	<b>Página</b>
5.1	Recepción y depósito de escombros	53
5.2	Almacenamiento de RCyD	54
5.3	Clasificación de materiales obtenidos de los RCyD	55

# **CAPÍTULO 1**

# **INTRODUCCIÓN**

Entendemos por Residuos de Construcción y Demolición (RCyD) a todo aquel material que una vez usado, es desechado y generado por la actividad de construcción y desmantelamiento de obras de infraestructura. Su composición es diversa y está en función del tipo de construcción.

Los limitados recursos y el alza en la demanda de servicios y productos han obligado a ser más sensibles sobre el reaprovechamiento y reciclaje en los RCyD. La cantidad de estos depende de la situación económica del país o región, México aún en desarrollo si adopta las medidas adecuadas estará a tiempo de regular el problema mayúsculo que implica un correcto plan de reciclaje de RCyD. La propia actividad humana los genera y de la cual todos somos inherentes.

Económicamente el reúso de RCyD depende de una buena estructura de mercado que sustente el objetivo: Manejo adecuado para mejora del ambiente y por lo tanto de la salud pública. Ambientalmente estos desechos son causa de contaminación en suelo y aire, al ser abandonados en la misma calle, barrancas, etc., provocando daño a la salud pública.

A nivel nacional “Un diagnóstico del Instituto Nacional de Ecología (INE) ubica al sector de la construcción y la demolición como el que mayor cantidad de desperdicios emite al registrar un promedio de 13,130 toneladas diarias de materiales provenientes de obras para vivienda, comercios, industria e infraestructura. Con respecto al total de Residuos Sólidos Urbanos (RSU), el sector aporta el 21%.”

El propósito del trabajo es dar un vistazo de las oportunidades que genera el reúso de los RCyD. La importancia en el estudio radica en que si no es atacado el problema en el futuro este problema se diversificará en problemas de espacio y de medio ambiente.

Menos residuos que se acumulan en la tierra, menos residuos que se queman, menos se contamina, menos material natural se necesita para hacer nuevos productos.

## **1.1 Gobierno**

El gobierno es el organismo que se encarga de regular con base en normativas la disposición de los RCyD. En subcapítulo adelante veremos a más detalle como rigen estas normas. En este apartado solo se fijarán los objetivos que plantea el gobierno en este ámbito.

El gobierno federal a través del Plan Nacional de Desarrollo (PND) plantea un programa dedicado a Sustentabilidad Ambiental: La Gestión de los Residuos en el PND 2007-2012.

Objetivos del Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2007-2012:

- Lograr el manejo integral de los residuos mediante la aplicación de los instrumentos, acciones y estrategias establecidas en el marco legal vigente; y
- *Generar información estadística* para determinar las acciones necesarias para lograr la gestión eficiente y el manejo integral adecuado de los residuos generados en el país.

El hecho de tener una estadística confiable nos lleva a tener un mejor control. Para la Secretaría del Medio Ambiente el empleo de reciclados contribuirá a disminuir el derroche de materiales vírgenes en la edificación de vivienda y a preservar áreas naturales y comunes, que en algunos casos sirven para tirar el escombro.

## **1.2 Educación y Cultura Ambiental**

“La viabilidad de los objetivos y estrategias en materia ambiental se verá reforzada si se promueve una cultura en la que se aprecien y respeten los recursos naturales de la nación (PND 2007-2012).” Algunos objetivos del Plan Nacional de Desarrollo son:

- Desarrollar en la sociedad mexicana una sólida cultura ambiental orientada a valorar y actuar con un amplio sentido de respeto a los recursos naturales.
- Mejorar los mecanismos que el sistema educativo utiliza para dar a conocer y valorar la riqueza ambiental de nuestro país.
- Diseñar e instrumentar mecanismos de política que den a conocer y lleven a valorar la riqueza ecológica de nuestro país a todos los grupos sociales.

Por otro lado en el gobierno de la Ciudad de México actualmente se tienen pocos planes de manejo: De las obras que realiza el Gobierno del Distrito Federal (GDF), sólo recicla la empresa CICSA, la cual obtuvo la licitación para construir la Línea 12 del Metro. Esta empresa traslada los desechos a Concretos Reciclados, la única empresa en México que convierte este residuo sólido en cemento, grava y arena. Por otra parte, sólo la delegación Iztapalapa, de las 16 que hay, lleva sus desechos a reciclar.

## **1.3 Sociedad**

En la Tabla 1.1 se citan algunas Asociaciones Civiles y sus objetivos.

Tabla 1.1 Asociaciones Civiles ambientales

Sociedad	¿Quiénes son?	Objetivo
La Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	Sociedad civil técnico-científica, sin fines de lucro. Ella congrega las principales instituciones de profesionales y estudiantes de las tres Américas que se dedican a la preservación ambiental, a la salud y al saneamiento.	<p>Crear conciencia sobre los problemas ambientales, de salud y de saneamiento básico, proponiendo alternativas y soluciones.</p> <p>Ser una institución que ofrezca eventos de actualización profesional sobre los temas inherentes a la Asociación.</p> <p>Mantener lazos estrechos con Instituciones de Apoyo, que permitan obtener recursos para consolidar acciones de los Capítulos Nacionales.</p>
CONCRETOS RECICLADOS	Organización mexicana dedicada al reciclaje de materiales de desechos de la construcción.	Promover la cultura de reciclaje y crear nuevos lugares en el reciclado de los desechos y materiales pétreos producto de la construcción. Además proveer a la industria con nuevos materiales reciclados de alta calidad.
ECOCE	Es una asociación civil sin fines de lucro fundada en 2002, cuyos objetivos son ambientales y administra un fondo creado por las empresas asociadas, con el cual opera el primer Plan Nacional Voluntario de Manejo (ACOPIO) de los Residuos de Envases de PET de las empresas envasadoras agremiadas y que representan el 61% de los usuarios de estos envases.	ECOCE, tiene como propósito esencial fomentar el desarrollo de infraestructura y de programas que permitan en la sociedad mexicana la recuperación y valorización de los residuos de los envases, que derive en una cultura de reúso y reciclado de los materiales con que están hechos los envases.
INARE	Instituto Nacional de Recicladores México A.C. Colaborar con las autoridades para establecer en el país un marco legal que facilite la implementación del manejo integral de residuos sólidos municipales e industriales.	Convocar a recicladores de otros lugares del país, para que se incorporaran a fortalecer y promover al Sector del Reciclaje y con este fin se fundó el Instituto Nacional de Recicladores, A.C., para formar un frente común de la actividad del Reciclaje en México.
CONIECO A.C.	Promover un cambio de pensamiento para evitar la destrucción y el deterioro del ambiente, buscar la equidad social mediante el apoyo de las empresas para que por medio de educación y capacitación tengan conocimiento de técnicas para el cuidado de la naturaleza, así como aumentar el bienestar económico con el impulso a la industria del medio ambiente.	<p>Fomentar la cultura ecológica en los procesos industriales.</p> <p>El uso eficiente y el ahorro de energía sea cual fuere la fuente.</p> <p>El uso racional y eficiente del agua sustituyendo la potable por la tratada cuando esto sea posible.</p>

Fuente: Por el Autor.

# **CAPÍTULO 2 ANTECEDENTES Y PANORAMA DEL RECICLAJE EN MÉXICO**

## 2.1 Reseña: Breve historia

El reciclaje en México está acompañado con el crecimiento económico y poblacional y obviamente con hechos internacionales que moldearon el progreso en el país. Dos hechos son importantes a destacar en el tema de reciclaje como antecedente: La Revolución Industrial y la estabilidad después de la Revolución Mexicana.

La Revolución Industrial ha legado una industrialización, la industrialización genera producción y consumismo. Como fenómeno internacional nos alcanzó después; y formando parte de este crecimiento entramos a la modernidad. La consumación de la Revolución dio pauta a una estabilidad que dio origen a una nueva sociedad mexicana que crecía y demandaba más productos y servicios. La figura 2.1 muestra una de las primeras fábricas en México.



Figura 2.1 Fábrica de Cerveza. Toluca 1910.

México abordó este cambio en el siglo XX, con la construcción de fábricas e infraestructura y con la atracción de inversiones extranjeras. Las fábricas fueron fuente de desarrollo económico y de ellas se aglomeraron y florecieron poblaciones, todo esto traducido en más demanda de servicios. Las grandes concentraciones humanas están ahora en centros urbanos, pero esa dinámica poblacional no ha estado acompañada por una política seria e integral y de largo plazo para procesar o reciclar los desechos y aunque han creado nuevas leyes, su aplicación es muy paulatina.

Los materiales empleados en la construcción a comienzos del siglo XX propicio el empleo de nuevas técnicas constructivas como son: concreto armado, estructuras metálicas. Gracias a su versatilidad en resistencias y costos así como en el proceso constructivo son materiales que rigen aún en las modernas construcciones.

La figura 2.2 muestra la construcción de la Torre Latinoamericana.



Figura 2.2 Construcción de Torre Latinoamericana.

Así pues las aglomeraciones humanas y la construcción de vivienda e infraestructura, está constantemente generando residuos que son susceptibles de ser reciclados.

### **2.1.1 Definición**

Reciclar significa separar o extraer materiales del flujo de desechos y acondicionarlos para su comercialización de modo que puedan ser usados como materias primas en sustitución de materiales vírgenes (SEDESOL, 1993).

### **2.1.2 Panorama del reciclaje en México**

Distintos son los factores que actúan en el reciclaje en nuestro país: la cultura ambiental, el desarrollo económico y otros aspectos sociales son de los destacados.

Por otro lado el Inventario de Iniciativas Internacionales sobre Gestión de Materiales Sostenibles en Países de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE 2008) [1] nos dice lo siguiente:

- Son muy pocas las iniciativas que se han desarrollado para crear políticas al respecto.
- Pocas iniciativas han conducido a la concreción de nuevas medidas políticas.

Reúso de Residuos de Construcción y Demolición. Enfoque ambiental y Sustentable.

- Todavía existe desconocimiento y se carece de experiencia sobre cómo incorporar el concepto del ciclo de vida en las políticas ambientales internacionales existentes.

Algunos hechos de relevancia, en nuestro país, se citan a continuación [1]:

- La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) se publicó en 2003 y su reglamento en 2004.
- Más de 16 entidades federativas han emitido una legislación similar y varios municipios cuentan ya con sus reglamentos en la materia.
- La Política y Estrategias para la Prevención y Gestión Integral de Residuos en México se publicó en 2007.
- El Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos se publicó en 2009.

Algunos ejemplos de concursos, exposiciones y encuentros para incentivar la adopción del enfoque de 3R (Reducir, Reutilizar y Reciclar) en 2010; como es el Programa de Cooperación Ambiental COPARMEX –SEMARNAT [1]:

- 3ª. Convocatoria al Concurso Nacional de Reciclaje de Residuos, Liderazgo Ambiental, por un uso Eficiente del Agua.
- Congreso Internacional de la Red de Promotores Ambientales para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (Red GIRE SOL) Cancún Quintana Roo.
- Exposición Internacional de Reciclaje Creativo. Pepena Fest, Distrito Federal.
- Proyecto Residual. Museo Universitario de Ciencias y Artes de la UNAM e Instituto Goethe de México.

La figura 2.3 muestra el festival Eco-Fest donde se ofrecen productos en beneficio del ambiente por diversas empresas. Este festival se lleva a cabo cada año en la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec.



Figura 2.3 Eco Fest 2011

Ejemplos de programas para incentivar la producción más limpia y la eco-eficiencia:

- Programa de Simbiosis Industrial: Conectando Industrias-Creando Oportunidades. NISP-CONCAMIN.
- Programa Liderazgo Ambiental para la Competitividad SEMARNAT-Autoridades Ambientales de Entidades Federativas.
- Producción más limpia en México y en Empresas del Bajío.

Con buenas Leyes y cumpliéndolas a pie de letra, junto con una participación ciudadana se lograrán los objetivos perseguidos que son la reducción de contaminación ambiental y mayor reaprovechamiento de Reúso de materiales en la construcción. Sin embargo hay otros elementos que no son debidamente regulados.

La "pepena" de residuos sólidos dedicados al reciclaje genera riqueza económica para unos cuantos empresarios que detentan este monopolio de tipo familiar. En algunos casos es discutible si este personal todavía pertenece al sector informal o si se ha formalizado total o parcialmente. Por ejemplo, el Gobierno del Distrito Federal de la Ciudad de México a través de su Dirección General de Servicios Urbanos usa parcialmente las estructuras informales para cumplir con sus tareas (Kokusai 1998).

“El sector informal relacionado con el manejo de los RSM, no se limita al reciclaje, también está involucrado en la recolección, siendo muchas veces usado por las autoridades municipales como sustituto parcial del sector formal que significa una determinada legitimación. En la mayoría de los municipios mexicanos no se cobra

por el servicio de recolección a través de la administración municipal, sin embargo, gran parte de la ciudadanía paga propinas o gratificaciones que en algunos casos sobrepasan la cantidad que costaría un servicio formal por parte del municipio.” (Floribela y Wehenpohl, 2007).

La figura 2.4 muestra la pepena, actividad común en los botaderos de basura en México.



Figura 2.4 Pepena en tiraderos de basura.

Con el reciclaje en México no podemos poner toda la responsabilidad en autoridades, también aspectos culturales de la población juegan un rol importante en la correcta función que implica un reciclaje responsable y eficiente.

Para terminar hacemos notar que Las Secretarías de Desarrollo Social y de Medio Ambiente y Recursos Naturales ofrecen financiamiento para el desarrollo de diagnósticos y formulación de programas en la materia.

### 2.1.3 RSU y RCyD

“Entre los problemas ambientales más serios se encuentra el referente al aumento excesivo de residuos sólidos urbanos (RSU). En nuestro país es cada vez más frecuente observar la acumulación de basura alrededor de ciudades, carreteras, caminos rurales y cuerpos de agua superficiales, a tal grado que se ha calculado que una persona contamina hasta 4 veces más el ambiente por los residuos que genera, que por las aguas negras que desecha” (SEDESOL 2009 [2])

La Tabla 2.1 siguiente y su gráfica Figura 2.5, muestra datos sobre la generación por año de RSU a nivel nacional de 1998 a 2010, la gráfica nos da una idea de cuánto se recicla.

Tabla 2.1 Disposición y Generación de RSU [26]

Método	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Total de residuos sólidos urbanos generados	30,550.50	30,952.00	30,733.00	31,488.60	32,173.60	32,915.70	34,602.00	35,405.00	36,135.00	36,865.00	37,595.00	38,323.00	39,055.00
Recolección	25,854.90	26,194.70	26,009.30	26,648.80	27,669.30	28,636.60	30,696.50	31,276.80	31,928.90	32,585.00	33,880.70	34,719.20	35,760.00
Disposición final a	29,830.60	30,222.60	30,008.70	30,746.50	31,393.10	32,095.10	33,706.80	34,255.00	34,959.00	35,662.80	36,248.20	36,825.00	37,405.00
Rellenos sanitarios	15,877.10	16,428.70	14,490.50	15,252.70	15,579.90	17,431.00	18,586.30	18,832.40	19,772.10	20,846.60	21,822.60	22,175.10	23,907.60
Rellenos de tierra controlados	1,007.50	507.5	2,421.80	3,351.90	3,630.90	3,709.30	3,718.70	4,078.60	3,763.50	3,844.90	3,545.60	3,924.90	3,285.90
Sitios no controlados (Tiraderos a cielo abierto)	12,945.90	13,286.40	13,096.50	12,141.90	12,182.40	10,954.80	11,401.80	11,344.00	11,423.40	10,971.30	10,880.00	10,725.00	10,211.50
Sitios controlados	16,884.60	16,936.10	16,912.30	18,604.60	19,210.80	21,140.30	22,305.00	22,911.00	23,522.50	24,621.20	25,367.80	26,100.00	ND
Sitios no controlados (más reciclaje)	13,666.10	14,016.30	13,821.00	12,883.90	12,962.80	11,775.30	12,297.00	12,493.80	12,612.50	12,172.80	12,227.20	12,225.00	11,861.50

Fuente: INEGI 2010

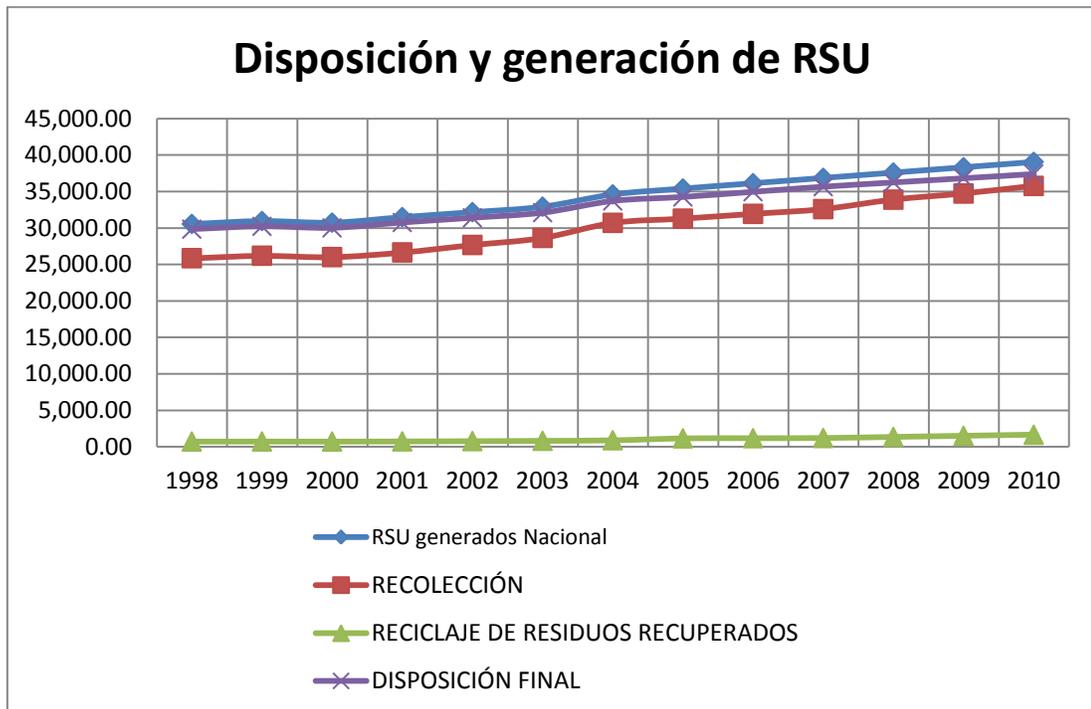


Figura 2.5 Recolección y disposición final de residuos sólidos urbanos en miles de toneladas, 1998 a 2010.

El total del reciclaje de residuos recuperados, se obtiene de la diferencia de Total de generados y la disposición final. Solo *hasta el 2010 alcanzamos un total en reciclaje de 1650 Toneladas de 39,055*. Ahora bien con los datos anteriores nos sirven de pauta para entrar con los RCyD y su generación.

Residuo de Construcción y Demolición (RCyD) es cualquier sustancia u objeto que se genera en una obra de construcción y demolición. Los RCyD son una sub categoría de los RSU y son tratados como especiales por su volumen así como cantidad.

## 2.2 Estadísticas de su generación

Debemos tomar en cuenta el hecho de que muchas ciudades han tenido un crecimiento sin una debida planeación. Lo que resulta que una estadística adecuada sea cuantificable en cuanto a la realidad. Los urbanistas dicen que La Ciudad de México en la década de los 50 del siglo pasado crecía a un ritmo del 5.13% anual. En los años 80 crece a una media de 0.26% anual, mientras decrece el centro de la ciudad su área conurbada aumenta a un 2.92% anual. La figura 2.6 nos da una idea de lo que se proyecta al año 2030 [25] y dará una idea aproximada de los estimados generados de los RCyD.



Figura 2.6 Población en el 2030.  
Fuente: Capella, 2000.

Como es lógico pensar, el incremento de RCyD aumenta con el crecimiento de población, aunado con el crecimiento económico.

Este subcapítulo tiene como finalidad mostrar la cantidad, volumen de los RCyD. Estos indicadores nos permitirán analizar y estar en condición de tomar las medidas idóneas que contribuyan a tener una estrategia en el adecuado uso de estos residuos.

La generación de RCyD depende principalmente de dos factores:

- La concentración poblacional en áreas urbanas.

- Modificación de los hábitos de consumo, resultado de un proceso de comercialización excesiva.

Ahora bien el crecimiento de población demanda más vivienda e infraestructura. En este trabajo solo tomaremos datos de construcción de vivienda en el centro el país. La figura 2.7 muestra la construcción de vivienda por número de habitantes y entidades federativas. [3]

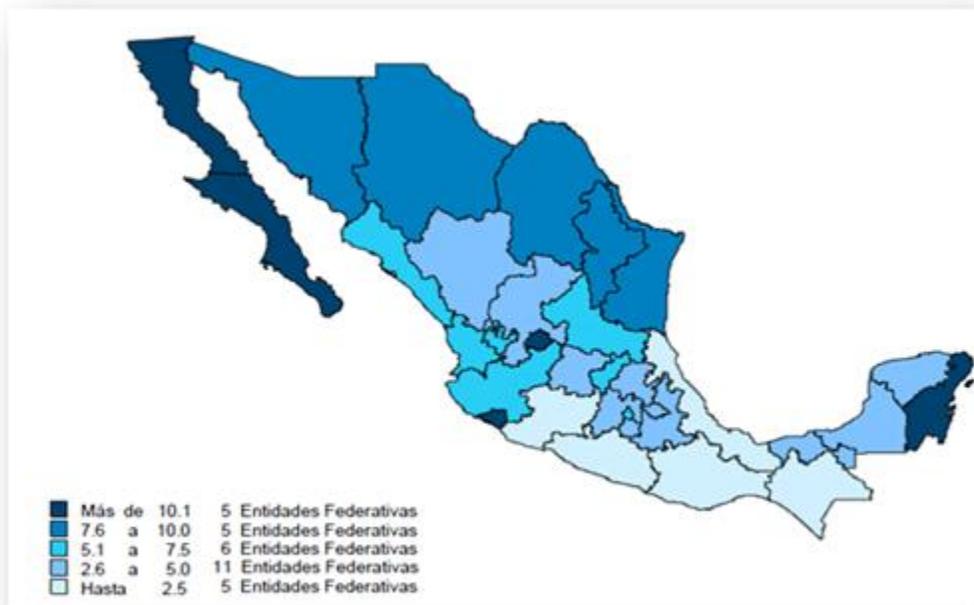


Figura 2.7 Producción de vivienda por cada mil habitantes. (CONAFOVI, 2004)

La figura muestra de manera geo-referencial el número neto de unidades producidas en un año por cada mil habitantes. Notamos que la media de los lugares donde se produce vivienda es en el centro del país.

Por ejemplo, una demolición genera  $900 \text{ kg/m}^2$  de residuos, mientras que una obra nueva genera  $200 \text{ kg/m}^2$ . Se estima que un  $1 \text{ m}^3$  de obra construida genera  $0.068 \text{ m}^3$  de Residuos de Construcción (RC), asimismo se estima un peso volumétrico  $1.5 \text{ ton/m}^3$ , por lo que  $1 \text{ m}^3$  de obra construida genera  $102 \text{ kg}$  de RC. (Castells, 2000).

En México habitamos 112,336,538 personas, con una tasa media de crecimiento anual de 1.8% datos de acuerdo al censo INEGI 2010 [26]. Para el 2030 según Capella [25], en la Ciudad de México y área conurbada seremos 22 millones de habitantes. Si construimos 7.5 casas por cada 1000 habitantes y consideramos que una vivienda promedio tiene una superficie de  $150 \text{ m}^2$ , estaremos generando aproximadamente  $3.63 * 10^6$  Toneladas de RCyD.

## 2.3 Problemática de los desechos en México

Dos preguntas son fundamentales aquí ¿Cuánto generamos? ¿Cuánto reciclamos?

En cualquier construcción siempre, se quiera o no, son generados RCyD, los cuales dependen del volumen según el tamaño y tipo de construcción. Por lo general en México y países aun en vías de desarrollo la demolición es poco frecuente, esto debido a los limitados recursos y por ello se amplía más la vida útil de los edificios e infraestructura. Podemos disponer solo de residuos de demolición solo en construcciones muy antiguas.

El ¿cuánto generamos? y ¿cuánto reciclamos? nos plantea un equilibrio pues al responder estas cuestiones, entendemos la problemática de manera objetiva. Ahora planteemos la respuesta a la primera interrogante. Naturalmente el cuánto generemos está en función del crecimiento económico y de población. La segunda cuestión depende más del grado de industrialización de zonas urbanas.

Los datos de la tabla 2.2 nos muestran la generación de RSU por zonas del país.

Tabla 2.2 Generación de RSU por zonas del país. [26]

Zona	Generación per cápita diaria									
	(Kilogramos por habitante por día)									
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Estados Unidos Mexicanos	0.87	0.87	0.88	0.89	0.9	0.91	0.92	0.96	0.97	0.98
Centro	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.93	0.94	0.95
Distrito Federal	1.39	1.38	1.38	1.38	1.4	1.41	1.43	1.44	1.47	1.48
Norte	0.83	0.85	0.85	0.86	0.88	0.77	0.78	0.82	0.85	0.86
Sur	0.66	0.67	0.67	0.68	0.69	0.7	0.71	0.73	0.74	0.75
Frontera norte	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	1.05	1.06	1.1	1.07	1.08

Tabla 2.2 (Continuación)

Generación anual									
(Toneladas)									
2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
30,733,263	31,488,482	32,173,606	32,915,700	34,602,000	35,405,000	36,135,000	36,865,000	37,595,000	38,325,000
15,356,959	15,789,106	16,179,316	16,581,950	17,359,400	17,801,050	18,167,875	18,549,300	18,901,530	19,268,350
4,350,689	4,350,689	4,350,689	4,380,000	4,500,450	4,562,500	4,599,000	4,650,100	4,745,000	4,781,500
5,568,737	5,694,636	5,802,746	5,923,282	6,326,545	3,914,625	3,985,070	4,049,675	3,926,670	4,008,430
2,986,125	3,074,451	3,157,382	3,237,550	3,449,250	3,533,200	3,622,625	3,701,100	3,792,350	3,865,350
2,470,753	2,579,600	2,683,475	2,792,918	2,966,355	5,593,625	5,760,430	5,914,825	6,229,460	6,401,370

Fuente: SEMARNAT. SNIARN. Base de datos estadísticos, Módulo de consulta temática, Dimensión ambiental, 2010.

La tabla 2.2 deja en claro que zonas del país genera más residuos y por lo tanto esas zonas requieren más plantas de tratamiento de RSU así como espacios para Rellenos Sanitarios. La problemática en cuanto espacios es una realidad que ya nos alcanzó, tenemos que agilizar nuevas y prácticas leyes. Los números hablan por sí mismos y dejan ver claramente las grandes cantidades de generación. La figura 2.8 es la representación gráfica de los residuos generados por entidad del país.

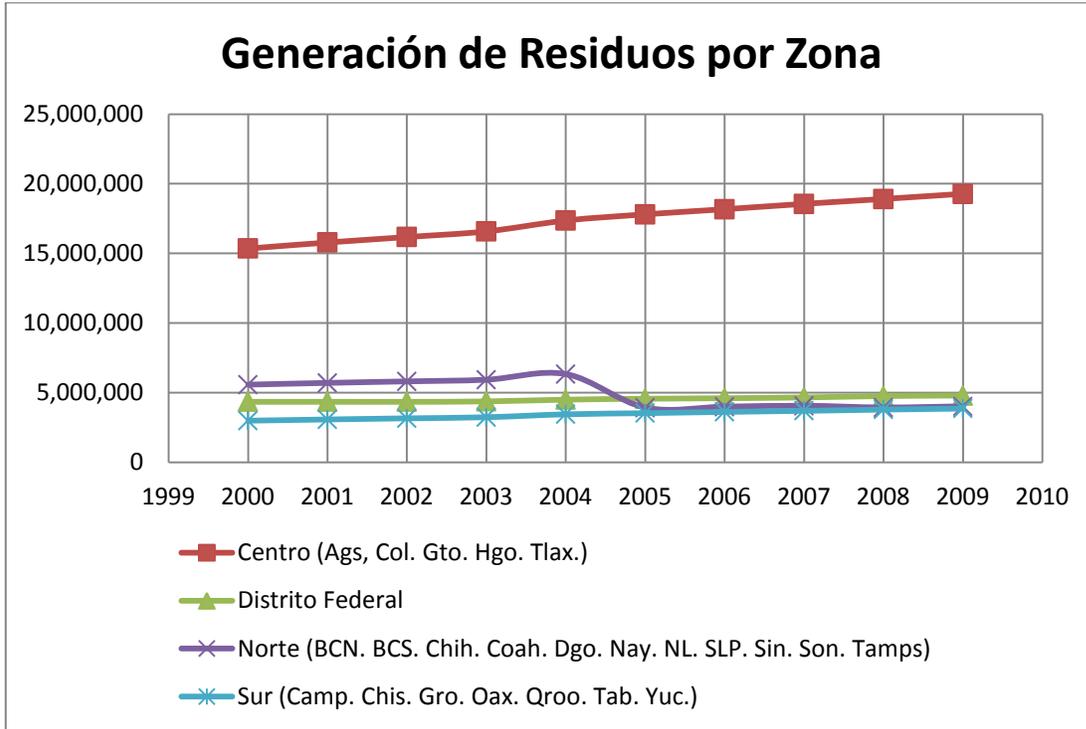


Figura 2.8 Generación de Residuos por zona geográfica en miles de Toneladas.

De acuerdo con (Morales 1996) entre el 15 y 20% de los RSU son RCyD.

### 2.3.1 La falta de espacios y la generación de RCyD

La falta de un espacio propicio para su manejo ha provocado que el cascajo se depositara tanto en tiraderos clandestinos y espacios abiertos, como en las barrancas o canales o bien, en el *Relleno Sanitario de Bordo Poniente ya de por sí saturado y donde ocupaba grandes volúmenes sin tener ninguna utilidad.*

La generación de residuos de construcción se produce en cantidades enormes, por lo cual, para controlar la mala disposición final de estos residuos se ha llegado a pensar en reciclar grandes porcentajes, considerando a los desechos más aptos comercialmente y que al mismo tiempo cumplan con todos los requerimientos para que se pueda llevar a cabo su posterior utilización, garantizando ante todo calidad (Tchobanoglous, 1993). [17]

Un problema típico es el abandono de estos residuos y los problemas que estos generan como obstrucción peatonal, tapado de alcantarillas, entre otros. Las

figuras siguientes muestran la problemática típica de las grandes ciudades. Por ello se deben de generar planes estratégicos que eliminen estas situaciones de abandono de residuos.

La figura 2.9 A muestra el abandono de RCyD en una alcantarilla lo que en época de lluvias es causante de inundaciones. La figura 2.9 B muestra estos residuos abandonados en plena calle y ocasiona obstrucción de circulación para los peatones.



Figura 2.9 A y B. Abandono de RCyD.

## 2.4 Normatividad

Todos los residuos de construcción generados, por Ley, tienen que ser tratados y colocados en un sitio de disposición final controlado, pero al ser relativamente altos los costos que se tienen que pagar en estos sitios para recibir los desechos y las oportunidades que ven los transportistas que trasladan dichos residuos, para ahorrarse una fuerte cantidad monetaria, conlleva a que en cualquier lugar sean abandonados, trayendo consigo un impacto ambiental negativo al medio ambiente. [14]

Las leyes son un marco regulatorio y son ellas las que sientan las bases para un manejo adecuado de recursos. Su estructura es un panorama general de ámbitos preventivos, correctivos y sanciones.

El diagrama de las jerarquías se muestra en la figura 2.10



Figura 2.10 Jerarquía de Ley Ambiental México

### 2.4.1 Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)

La LGEEPA propicia un desarrollo sustentable a base de normas y disposiciones generales, además entre sus objetivos pretende alcanzar un ambiente más limpio en beneficio de la salud de los mexicanos a través de la protección de la biodiversidad y prevención de la contaminación.

Algunos aspectos destacables en dicha Ley se mencionan a continuación:

- TÍTULO PRIMERO

Disposiciones Generales

Capítulo 2 Distribución de Competencias y Coordinación

Artículo 8.- Referente a los municipios, los cuales tienen facultad de aplicar las normas relativas a la prevención de los efectos sobre el ambiente ocasionados por la generación, transporte, almacenamiento, tratamiento y disposición final de los residuos de manejo especial (RCyD).

## Capítulo 4 Sección III Instrumentos Económicos

Artículo 21: Promover un cambio en la conducta de las personas que realicen actividades industriales, comerciales y de servicios, de tal manera que sus intereses sean compatibles con los intereses colectivos de protección ambiental y de desarrollo sustentable. Otorgar incentivos a quien realice acciones para la protección, preservación o restauración del equilibrio ecológico.

Artículo 22: Se consideran instrumentos económicos los mecanismos normativos y administrativos de carácter fiscal, financiero o de mercado, mediante los cuales las personas asumen los beneficios y costos ambientales que generen sus actividades económicas, incentivándolas a realizar **acciones que favorezcan el ambiente.**

- TÍTULO SEGUNDO

Biodiversidad.

- TÍTULO TERCERO

Aprovechamiento Sustentable de los Elementos Naturales.

Capítulo 2 Preservación y Aprovechamiento Sustentable del Suelo y sus Recursos.

Artículo 98: “Expresa los criterios ecológicos para la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo, lo cual se debe a las actividades de extracción de materiales del subsuelo, la exploración, la explotación las excavaciones y todas aquellas actividades que alteren la cubierta de dicho suelo”.  
[21]

- TÍTULO CUARTO

Protección al Ambiente.

Capítulo 4 Prevención y Control de la contaminación en el suelo.

- TÍTULO QUINTO

Participación Social e Información Ambiental.

Capítulo 2 Derecho a la información Ambiental.

- TÍTULO SEXTO

Medidas de Control y de Seguridad, Infracciones y Sanciones

## **2.4.2 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos (LGPGIR)**

Objetivo:

- I. Aplicar los principios de valorización, responsabilidad compartida y manejo integral de residuos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, los cuales deben de considerarse en el diseño de instrumentos, programas y planes de política ambiental para la gestión de residuos.
- II. Formular una clasificación básica y general de los residuos que permita uniformar sus inventarios, así como orientar y fomentar la prevención de su generación, la valorización y el desarrollo de sistemas de gestión integral de los mismos.
- III. Fomentar la valorización de residuos, así como el desarrollo de mercados de subproductos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica y económica, y esquemas de financiamiento adecuados.

Artículo 19.- Los residuos de manejo especial se clasifican como se indica a continuación, salvo cuando se trate de residuos considerados como peligrosos en esta Ley y en las normas oficiales mexicanas correspondientes:

VII. Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general.

La Norma Ambiental para el Distrito Federal (NADF-007-RNAT-2004) sienta las bases para el manejo de los RCyD, así como su debida clasificación.

### **2.4.3 NADF**

La Norma Ambiental para el Distrito Federal (NADF-007-RNAT-2004) es una derivación de Ley de Residuos Sólidos para el Distrito Federal (LRSDF), que establece la clasificación y especificaciones de manejo para residuos de la construcción en el Distrito Federal. [24]

La estructura de la NADF se muestra en la figura 2.11



Figura 2.11 Estructura de la NADF.

Lo destacable de esta norma es lo siguiente:

- Clasifica a los residuos de la construcción como uno de los residuos que deben ser manejados de manera especial dentro de la Ciudad de México, tanto por la cantidad de material involucrado y su impacto en el ambiente debido a una disposición inadecuada como por su potencial de reúso y reciclaje.
- Los generadores de residuos de la construcción de volúmenes mayores o iguales a  $7 m^3$  y los prestadores de servicios además de cumplir con la presentación del plan de manejo de residuos y demás ordenamientos legales aplicables en la materia, deben observar las disposiciones indicadas en las siguientes fases del manejo, según sea el caso:
  - a) Separación en la Fuente
  - b) Almacenamiento
  - c) Recolección y transporte
  - d) Aprovechamiento
  - e) Disposición final

- Actualmente dentro de los residuos generados por la industria de la construcción, los metales y la madera son los materiales que mayor potencial de reúso tienen, sin embargo, los residuos de las excavaciones, el concreto, las tejas, los ladrillos, tabiques y cerámicos, son otros componentes que también han demostrado a nivel mundial, tener un potencial importante de reúso o reciclaje, que permiten reducir de manera importante su disposición en el Suelo de Conservación.

#### **2.4.4 Normas Oficiales Mexicanas (NOM)**

Las NOM son las regulaciones técnicas que contienen la información, requisitos, especificaciones, procedimientos y metodología que permiten a las distintas dependencias gubernamentales establecer parámetros evaluables para evitar riesgos a la población, a los animales y al medio ambiente. Están presentes en prácticamente todo lo que te rodea, agua embotellada, licuadoras, llantas, ropa, etc.

Las NOM, tienen como principal objetivo prevenir los riesgos a la salud, la vida y el patrimonio y por lo tanto son de observancia obligatoria. Contienen: terminología, generación, muestreo, método de cuarteo, peso volumétrico in-situ, selección y cuantificación de subproductos, etc.

La tabla 2.3 muestra algunas NOM destacables.

Tabla 2.3 Funciones de algunas NOM en ámbito de Residuos.

<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	<b>Instituciones</b>
Norma Oficial Mexicana NOM-052- ECOL-1993, establece las características de los residuos peligrosos.	5 oct. 1993	Sedesol, SG, SEMIP, SCFI, SARH, SCT, SSA, DDF, GEM, CFE y PEMEX.
Norma Oficial Mexicana NOM-087-ECOL- 1995, establece los requisitos para la separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos biológico-infecciosos.	7 nov. 1995	SEMARNAP y SSA
Norma Oficial Mexicana NOM-087-ECOL- 22 SSA1-2002.	ene. 2003	SEMARNAT y SSA
Norma Oficial Mexicana NOM-083- SEMARNAT-2003, especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura.	20 oct. 2004	SEMARNAT

Fuente: SEMARNAT

Nota: en el apéndice se incluyen NOM para el muestreo y manejo de los RS.

# **CAPÍTULO**

## **3**

# **OBJETIVOS**

### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Analizar las acciones actuales que rigen (Legislación y medidas de recolección y mitigación) así como las tecnologías para el uso de los Residuos de Construcción y Demolición. Contribuir a tener un mejor panorama a través de datos e investigaciones de los daños que causa verter los Residuos de Construcción y Demolición así como a la oportunidad de mercado que representa.

### **3.2 OBJETIVOS PARTICULARES**

1. Identificar las causas históricas del reciclaje y los factores que influyen en la generación de residuos.
2. Señalar los programas que sirven de estímulo para crear una cultura de conciencia del reciclaje y fijar las oportunidades económicas que representan los RCyD.
3. Destacar la importancia del crecimiento de la industria de la construcción en el ámbito nacional e internacional y cuáles son sus programas de tratamiento de estos residuos.
4. El impacto ambiental que representa tirar los RCyD en vía pública y cielo abierto.
5. Proponer la utilización de materiales para la construcción que sean sostenibles y amigables con el ambiente.
6. Analizar las estadísticas de la generación de los RCyD y su generación a futuro en la Ciudad de México.

# **CAPÍTULO**

# **4**

# **METODOLOGÍA**

## 4.1 Metodología planteada

La metodología planteada se dividió en dos grandes fases. La primera fase fue fundamentalmente análisis de la información de gabinete y la segunda de campo, en la figura 4.1 se resume en el diagrama de flujo.

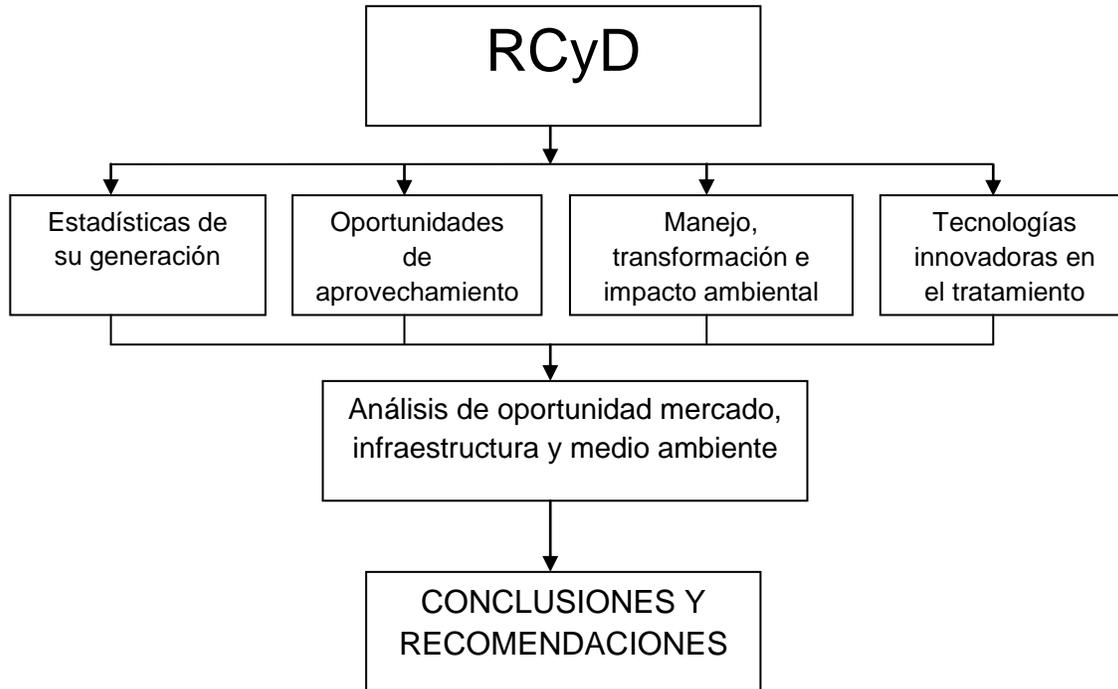


Figura 4.1 Diagrama de la Metodología

Los RCyD son una buena oportunidad de mercado. Y además del reciclaje una buena parte de estos residuos son en gran medida una ayuda para el ambiente pues se logra cada vez más -a medida que los planes de manejo se afiancen- la reducción de espacios destinados a rellenos sanitarios.

La figura 4.2 detalla en un diagrama la investigación, la cual se basó en tres ejes principales:

1. Trabajo de campo
2. Trabajo de gabinete
3. Resultados

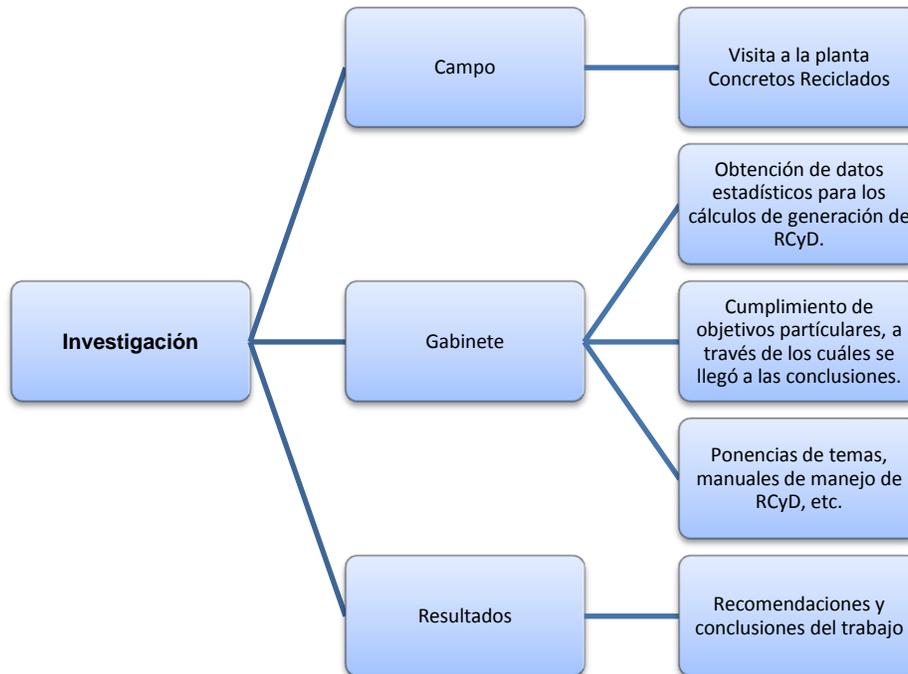


Figura 4.2 Cuadro de Investigación.

- El cumplimiento de los objetivos particulares específicamente de los objetivos:  
“1. Identificar las causas históricas del reciclaje y los factores que influyen en la generación de residuos y  
2. Señalar los programas que sirven de estímulo para crear una cultura de conciencia del reciclaje” Los antecedentes, así como los programas orientados al reciclaje son resultado de mi propio conocimiento y visitas a algunas ferias como es el Eco-Fest 2011 en marzo de ese mismo año.
- Se investigó sobre lo que representan los RCyD en la industria de la construcción, los inconvenientes que genera al ser depositados en sitios como vías públicas o barrancas, y de manera muy general el problema que representa su transporte. Se hizo una visita a Concretos Reciclados – cumpliendo una investigación de campo- en la cual se obtuvo información de los precios de sus productos, con base en ello se elaboró la tabla 5.8 de rentabilidad de esta empresa en el Capítulo 5. Lo anterior cumple con el objetivo particular 2. “... fijar las oportunidades económicas que representan los RCyD”.
- En cumplimiento con el objetivo particular “6. Analizar las estadísticas de la generación de los RCyD y su generación a futuro” en trabajo de gabinete se buscó información con empresas del ámbito, ponencias, manuales sobre uso de los RCyD, investigaciones con el enfoque a estos residuos, la transformación de estos en otros productos. Como resultado de esto se obtuvieron datos estadísticos del crecimiento de la demanda en la vivienda, la

población a futuro en el Valle de México –que se basa en un trabajo de Capella sobre estudios de la necesidad de agua potable en la Ciudad de México- y con este dato de población se basa la generación a futuro de los RCyD.

- Se investigó empresas que están creando materiales. Estos datos son resultado de ponencias en el ámbito de la industria de la construcción. Cumpliendo con los objetivos particulares 4 y 5, son resultado de ponencias de empresas dedicadas al reciclaje como TECH-Bio. Los materiales AnproBlock (Asociación Nacional de Productores de Bloques de Concreto) son el resultado de investigación de las empresas relacionadas en el ámbito ambiental. El impacto ambiental del depósito de los RCyD en el ambiente, ya sea vía pública, barrancas, a cielo abierto son resultado de la investigación de María Neftalí Rojas 2010 y 2011.

# **CAPÍTULO 5 RESULTADOS**

Del trabajo de gabinete y campo se obtuvieron como resultados:

1. La generación a futuro de los RCyD por volumen, lo importante de este dato es que permite vislumbrar a futuro la necesidad de un tratamiento integral de los RCyD. Los problemas derivados de los RCyD se traducen en mayor contaminación ambiental y a su vez en una falta de espacios pues se necesitan cada vez más rellenos sanitarios.
2. Aunado a lo anterior, los materiales que contribuyen a una mejor calidad del ambiente así como su mejor utilización en el ámbito de construcción.
3. El concepto de reutilización de los RCyD como algo redituable en la inserción de la economía, así como el respectivo manejo de ellos y la industria que los generan deben tener un plan adecuado e integral. Por ello se muestran algunas estadísticas importantes así como datos de crecimiento en la industria de la construcción.
4. En un panorama general se muestra la manera en como transforman los RCyD en nuevos materiales reutilizables (Concretos Reciclados) y se muestran datos sobre la rentabilidad de la misma junto con Tech-Bio.

Lo anterior se desglosa con detalle a continuación:

## 5.1 MANEJO DE LOS RCyD

### 5.1.1 Definición

El conjunto de actividades que comprenden el almacenamiento, recolección, transporte, aprovechamiento, reúso, tratamiento, reciclaje y disposición final de los residuos de la construcción. [24]

### 5.1.2 Clasificación de los materiales reciclables en la construcción

Una buena clasificación será indispensable para manejo eficiente de RCyD. La clasificación de estos varía de acuerdo al tipo de industria de construcción y los métodos constructivos como señala la Norma Ambiental del DF, puesto que varía con el tipo y método de construcción, los residuos generados serán diversos.

La Ley de Residuos Sólidos para el DF, en su Título 3º y Título 4º nos hablan de: la clasificación, separación, recolección, transferencia y tratamiento, y disposición final, proporcionan la pauta para la gestión adecuada de los RS. A continuación se muestra una tabla de clasificación en la que no es tomado en cuenta el tipo de industria de construcción, la tabla es una clasificación general.

Tabla 5.1 Clasificación de los RCyD según la NADF 2004. [24]

<b>A. Residuos potencialmente reciclables para la obtención de agregados y material de relleno</b>	
1.	Prefabricados de mortero o concreto (block, tabicones, adoquines )
2.	Concreto simple
3.	Concreto armado
4.	Cerámicos
5.	Concretos asfálticos
6.	Concretos asfálticos producto del fresado
7.	Productos de mampostería
8.	Tepetatosos
9.	Prefabricados de arcilla recocida (tabiques, ladrillos, Blocks)
10.	Blocks
<b>B. Residuos de excavación</b>	
1.	Suelo orgánico
2.	Suelos no contaminados y materiales arcillosos, granulares y pétreos naturales contenidos en ellos.
3.	Otros materiales minerales no contaminados y no peligrosos contenidos en el suelo
<b>C. Residuos sólidos</b>	
1.	Cartón
2.	Madera
3.	Metales
4.	Papel
5.	Plástico
6.	Residuos de podas, tala y jardinería
7.	Paneles de yeso
8.	Vidrio
9.	Otros

Fuente: NADF

Actualmente dentro de los residuos generados por la industria de la construcción, los metales y la madera son los materiales que mayor potencial de reúso tienen, sin embargo, los residuos de las excavaciones: el concreto, las tejas, los ladrillos, tabiques y cerámicos, son otros componentes que también han demostrado a nivel mundial, tener un potencial importante de reúso o reciclaje. (NADF 2004)

Desde el punto de vista de su clasificación, los residuos de construcción y demolición aparecen como tales en el capítulo 17 del Catálogo Europeo de Residuos en la tabla 5.2.

Tabla 5.2 Clasificación de RCyD en la Unión Europea [6].

<b>17</b>	<b>RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (INCLUIDA LA TIERRA EXCAVADA DE ZONAS CONTAMINADAS)</b>
<b>1701</b>	<b>Hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos</b>
1701 01	Hormigón
17 01 02	Ladrillos
17 01 03	Tejas y materiales cerámicos
17 01 06	Mezclas, o fracciones separadas, de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos que contienen sustancias peligrosas
17 01 07	Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos, distintas de las especificadas en el código 17 01 06
<b>17 02</b>	<b>Madera, vidrio y plástico</b>
17 02 01	Madera
17 02 02	Vidrio
17 02 03	Plástico
17 02 04	Vidrio, plástico y madera que contienen sustancias peligrosas o están contaminados por ellas
<b>17 03</b>	<b>Mezclas bituminosas, alquitrán de hulla y otros productos alquitranados</b>
17 03 01	Mezclas bituminosas que contienen alquitrán de hulla
17 03 02	Mezclas bituminosas distintas de las especificadas en el código 17 03 01
17 03 03	Alquitrán de hulla y productos alquitranados

Tabla 5.2 Continuación

<b>17 04</b>	<b>Metales (incluidas sus aleaciones)</b>
17 04 01 17 04 02 17 04 03 17 04 04 17 04 05 17 04 06 17 04 07 17 04 09 17 04 10 17 04 11	Cobre, bronce, latón Aluminio Plomo Zinc Hierro y acero Estaño Metales mezclados Residuos metálicos contaminados con sustancias peligrosas Cables que contienen hidrocarburos, alquitrán de hulla y otras sustancias peligrosas Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10
<b>17 05</b>	<b>Tierra (incluida la excavada de zonas contaminadas), piedras y lodos de drenaje</b>
17 05 03 17 05 04 17 05 05 17 05 06 17 05 07 17 05 08	Tierra y piedras que contienen sustancias peligrosas Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03 Lodos de drenaje que contienen sustancias peligrosas Lodos de drenaje distintos de los especificados en el código 17 05 05 Balasto de vías férreas que contiene sustancias peligrosas Balasto de vías férreas distinto del especificado en el código 17 05 07
<b>17 06</b>	<b>Materiales de aislamiento y materiales de construcción que contienen amianto</b>
17 06 01 17 06 03 17 06 04 17 06 05 17 08 17 08 01 17 08 02	Materiales de aislamiento que contienen amianto Otros materiales de aislamiento que consisten en, o contienen, sustancias peligrosas Materiales de aislamiento distintos de los especificados en los códigos 17 06 01 y 17 06 03 Materiales de construcción que contienen amianto Materiales de construcción a base de yeso Materiales de construcción a base de yeso contaminados con sustancias peligrosas Materiales de construcción a base de yeso distintos de los especificados en el código 17 08 01
<b>17 09</b>	<b>Otros residuos de construcción y demolición</b>
17 09 01 17 09 02 17 09 03 17 09 04	Residuos de construcción y demolición que contienen mercurio Residuos de construcción y demolición que contienen PCB (por ejemplo, sellantes que contienen PCB, revestimientos de suelo a base de resinas que contienen PCB, acristalamientos dobles que contienen PCB, condensadores que contienen PCB) Otros residuos de construcción y demolición (incluidos los residuos mezclados) que contienen sustancias peligrosas Residuos mezclados de construcción y demolición distintos de los especificados en los códigos 17 09 01, 17 09 02 y 17 09 03

Fuente: Asenjo, 2008.

Son muchos los elementos a tener en cuenta a la hora de hablar de construcción y medio ambiente, de los efectos territoriales y ambientales de las infraestructuras y de la contribución del sector al desarrollo sostenible, pero sin duda entre todos ellos hay que destacar las cuestiones relacionadas con la gestión de residuos de construcción y demolición (RCyD). *Las razones fundamentales para prestar atención a este tema son el considerable volumen de RCyD que se producen y el tratamiento y destino que actualmente se está dando a los mismos, ya que en su inmensa mayoría se dirigen a vertedero cuando deberían considerarse prioritariamente otras alternativas.* Al mismo tiempo, la gestión de los RCyD implica la puesta en funcionamiento de plantas de reciclaje, de transferencia y de vertederos que tienen igualmente su incidencia en el territorio y el medio ambiente. [6]

*Una manipulación óptima en el reciclaje de los residuos de la construcción depende en gran medida 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 los diferentes materiales. La figura 5.1 muestra la clasificación de RCyD en planta.



Figura 5.1 Separación en planta de RCyD.

### 5.1.3 Manejo de los RCyD.

Entre las alternativas de tratamiento de los residuos que se generan en las obras de construcción, la primera opción a considerar es, sin duda, **la reutilización**, especialmente de las tierras resultantes de excavaciones, que pueden ser aptas

para su uso en la propia obra u otras obras distintas. La figura 5.2 muestra los residuos de excavación generados por obra.



Figura 5.2 Residuos de excavación.

En lo que se refiere al **reciclaje**, son varios los aspectos a considerar:

- Desde el punto de vista ambiental los motivos que deben impulsar al sector a lograr un mayor porcentaje de reciclaje de RCyD llevan a apuntar que el reciclaje y su consiguiente empleo en la construcción contribuye a la disminución en la extracción de recursos naturales.
- Desde el punto de vista económico y empresarial, el reciclaje puede dar lugar al inicio de nuevos proyectos empresariales y oportunidades de empleo.
- Entre los aspectos que deben fomentarse para impulsar el reciclaje de los RCyD, en primer lugar, puede apuntarse una mayor sensibilización, información y formación en la materia.
- Valorizar energéticamente todo lo que no se pueda reutilizar o reciclar, depositar en vertedero.

Como última alternativa al destino final de los RCyD se encuentra la **eliminación** en vertedero controlado a todos aquellos residuos que no tengan valor económico, de tal forma que únicamente se debe destinar a vertedero aquellos residuos que no se han podido reutilizar o valorizar.

Por otra parte, para el manejo eficiente de los residuos, debemos tener una infraestructura adecuada para su manejo. La reutilización, reciclaje y la disposición

final son ejes principales en el ámbito, los cuales sustentará una infraestructura basada en estudios técnicos y estadísticos de generación de RCyD.

Una infraestructura necesaria según el PNRC D España, 2007 [7] para la gestión de RCyD es la siguiente:

- **Plantas de valorización:** son instalaciones de tratamiento de los residuos de la construcción en las que se depositan, seleccionan, clasifican y valorizan las diferentes fracciones que contienen estos residuos, con el objetivo de obtener productos finales aptos para su utilización. Pueden ser fijas o móviles.
  - Plantas fijas: son instalaciones de reciclaje ubicadas en un emplazamiento cerrado, con autorización administrativa para el reciclaje de RCyD, cuya maquinaria de reciclaje (fundamentalmente los equipos de trituración) son fijos y no operan fuera del emplazamiento donde están ubicados.
  - Plantas móviles: están constituidas por maquinaria y equipos de reciclaje móviles que aun disponiendo de una ubicación de referencia como almacén, suelen desplazarse a las obras para reciclar en origen.

La figura 5.3 muestra una planta de Tratamiento de RCyD.



Figura 5.3 Planta de tratamiento de los RCyD.

- **Vertederos controlados:** son instalaciones para el vertido de residuos inertes de la construcción que, de forma controlada, van a estar depositados por un tiempo superior a un año.

- **Plantas de Transferencia:** son instalaciones para el depósito temporal de residuos de la construcción que han de ser tratados o eliminados en instalaciones localizadas a grandes distancias. A veces es posible realizar la separación y clasificación de las fracciones de los residuos con lo que se mejora la gestión en las plantas de valorización y depósitos controlados que constituyen su destino final.

#### 5.1.4 Industria de la construcción en México y otras naciones

La importancia de este sector en la economía no se limita a sus efectos directos, al crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB), generación de empleo, sino que además incentiva la actividad y el empleo de otros muchos sectores proveedores de bienes intermedios al sector de la construcción. Hoy esta industria genera oportunidades de negocio en sus mismos desechos y la gestión de los mismos. Dado este preámbulo, vamos a ver algunas cifras importantes.

##### 5.1.4.1 México

El mercado de vivienda en México muestra un fuerte dinamismo. Durante el 2007, se llevaron a cabo 1,183,759 acciones de vivienda por un valor de \$282,075 millones de pesos. Dicha cifra es 175.1% superior a la registrada en 1998. [3 y 26]

La figura 5.4, -como antecedente- muestra el dinamismo y crecimiento de la demanda de vivienda según CONAFOVI. [3]

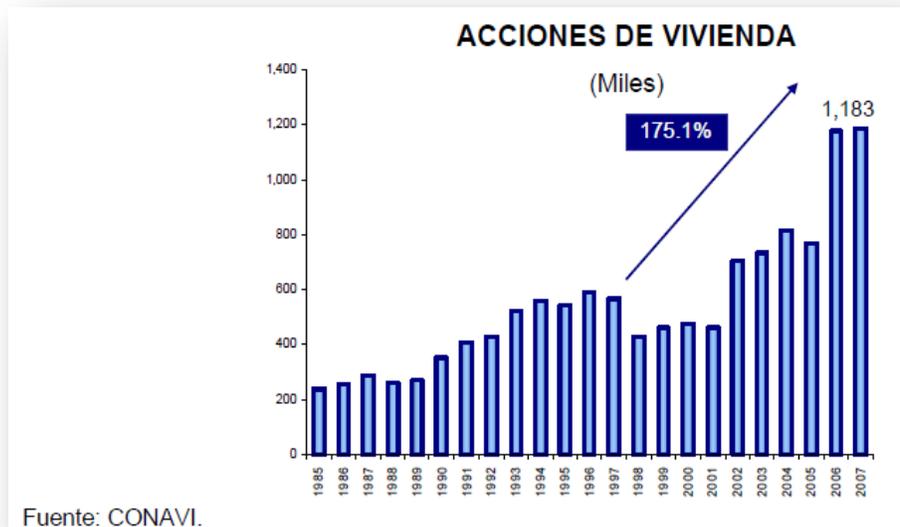


Figura 5.4 Demanda de vivienda en México.

### 5.1.4.2 España

En países como España, el sector representó el 18.6% del PIB en 2007. Del mismo modo, el 20% del empleo pudo atribuirse al sector, ya que el 13.9% de la población ocupada trabajó directamente en la construcción y el 6.1% restante correspondió al empleo inducido por la actividad constructora. Por subsectores, la edificación residencial representó en 2007 el 35.5% de la actividad total, la rehabilitación y mantenimiento de edificios el 23.8%, la obra civil el 24.8% y la edificación no residencial el 16%. [6]

La figura 5.5 muestra el dinamismo del sector y su crecimiento en PIB

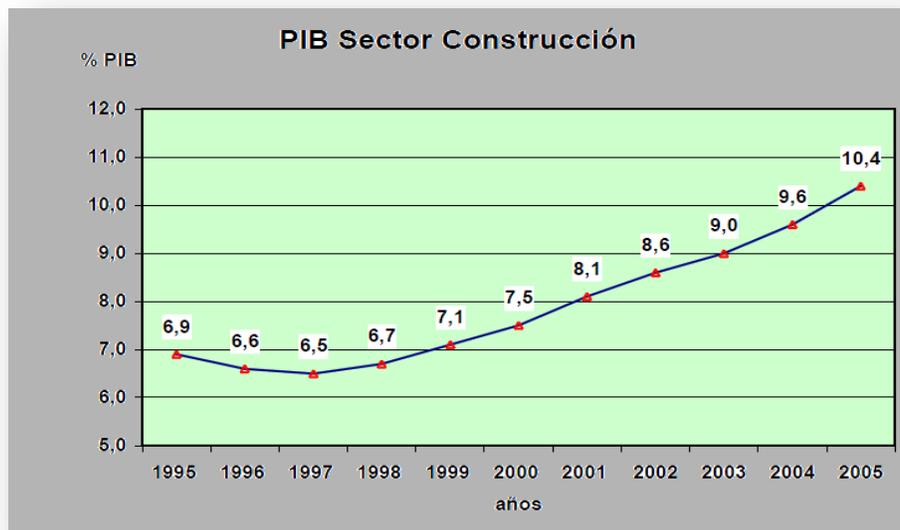


Figura 5.5 PIB de la construcción en España.  
Fuente: INE, España.

Por todo lo anterior, la actividad del sector, es importante para el desarrollo socio económico y como señala Asenjo, tiene una importante repercusión ambiental en el entorno que se realiza.

Como conclusión, en países como México y España hay que atribuirle el crecimiento económico en gran medida a la industria de la construcción, es por ello, que España ha generado un plan de manejo de RCyD: Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición. [7]

La necesidad de la infraestructura necesaria para el tratamiento de los RCyD lo justifican los siguientes datos de la tabla 5.3.

Tabla 5.3 Generación de RCyD en España.

Tipo de obra	2001	2002	2003	2004	2005
<b>Edificación</b>	<b>Toneladas</b>				
Obra nueva	10,270,920	10,274,640	11,649,720	13,139,640	14,149,080
Rehabilitación	914,490	865,040	1,006,278	1,010,342	909,748
Demolición total	4,493,420	4,399,713	5,444,038	6,446,590	7,860,098
Demolición parcial	1,147,064	1,122,678	1,231,965	1,360,219	1,297,898
Obras sin licencia	841,295	833,104	966,600	1,097,840	1,210,841
Obra civil	6,543,403	6,479,649	7,518,000	8,538,752	9,417,654
<b>Total RCyD</b>	<b>24,210,592</b>	<b>23,974,824</b>	<b>27,816,601</b>	<b>31,593,383</b>	<b>34,845,319</b>

Fuente: Asenjo, 2008. [6]

Para la determinación de los residuos procedentes de obra civil se ha partido del supuesto, según el Informe EuroConstruct de junio de 2006, *de que la contribución de la ingeniería civil a los mercados de la construcción en España se puede estimar en un 28%*. Los datos de los demás tipos de obra los han proporcionado las distintas comunidades de España.

### **5.1.5 Reutilización de residuos de construcción tanto en el ámbito nacional como en el internacional.**

En general, son los países que poseen una mayor tradición en el planteamiento estratégico de los temas medioambientales y aquéllos en los que algunas de las materias primas utilizadas en el sector de la construcción son bienes escasos.

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 aquéllos materiales fácilmente extraíbles que pudieran tener cierto valor en el mercado de la reutilización o reciclado.

### 5.1.5.1 Recuperación, reutilización y reciclado de los RCyD

Según (SEDESOL 2005), esta dependencia involucra 3 etapas en el reciclaje:

- Clasificación y recolección de materiales reciclables
- Manufactura del material en nuevos productos
- Compra y uso de productos reciclables

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

- **Materiales reutilizables:** constituidos fundamentalmente por piezas de acero estructural, elementos de maderas de calidad y/o recuperados en buen estado, piezas de fábricas (ladrillo, bloque, mampostería), tejas (cerámicas y de pizarra) y tierras de excavación. En ciertos casos, la mezcla de residuos de demolición no seleccionados pero libres de "impurezas" puede ser directamente utilizada como material de relleno, sub bases de carreteras o pavimento en vías temporales de tránsito de vertederos.

La figura 5.6 muestra los diferentes tipos de materiales susceptibles de ser reciclados o reutilizados en una demolición de vivienda. Estos materiales pueden ser: acero, ladrillos, aluminio, etc.



Figura 5.6 Materiales susceptibles de ser reutilizados.

- **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.

La figura 5.7 muestra material común de los RCyD a ser reciclados, en este caso el hierro.



Figura 5.7 Metal reciclable.

- **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), concreto armado y pavimentos los que pueden dedicarse a la fabricación de productos secundarios.

La figura 5.8 muestra los RCyD producidos en el desmantelamiento de obra en este caso ladrillos.



Figura 5.8 Ladrillos reciclables.

En la tabla 5.4, se observan los porcentajes producción, *reutilización / reciclado* y *vertido / incineración* en cada país de la Unión Europea, en el año 1999:

Tabla 5.4 Generación, reutilización e incineración de RCyD en la UE.

Estado miembro	Generación de RCyD (Millones de Ton)	% Reutilización ó reciclado	% Incineración ó eliminación
Alemania	59	17	83
Reino Unido	30	45	55
Francia	24	15	85
Italia	20	9	91.5
España	13	<5	>95
Países Bajos	11	90	10
Bélgica	7	87	13
Austria	5	41	59
Portugal	3	<5	>95
Dinamarca	3	81	19

Tabla 5.4 Continuación

Grecia	2	<5	>95
Suecia	2	21	79
Finlandia	1	45	55
Irlanda	1	<5	>95
Luxemburgo	0	-	-
<b>Total</b>	<b>181</b>	<b>28</b>	<b>72</b>

Fuente: Informe Symonds [6]

En el año 2006 se generaron 607 millones de toneladas de residuos de construcción en el total de la Unión Europea. En la tabla 5.5 se detalla la distribución por países en Toneladas de generación de RCyD.

<b>País</b>	<b>Ton</b>
Alemania	196,536,165
Austria	31,321,626
Bélgica	13,089,649
Bulgaria	1,023,303
Chipre	306,846
Dinamarca	5,802,367
Eslovaquia	916,227
Eslovenia	994,887
España	47,323,392
Estonia	717,105
Finlandia	23,145,713
Francia	-

Tabla 5.5 Continuación

Grecia	6,828,145
Hungría	3,045,335
Irlanda	16,599,467
Italia	52,315,620
Letonia	19,340
Lituania	348,967
Luxemburgo	6,774,547
Malta	2,492,522
Países Bajos	56,053,178
Polonia	14,141,031
Portugal	-
Reino Unido	109,545,988
República Checa	8,379,851
Rumania	33,870
Suecia	8,943,362

Fuente: Eurostat

La Unión Europea cuenta con la siguiente infraestructura para tratar la generación de Residuo.

La Tabla 5.6 Plantas de tratamiento de RCyD en la Unión Europea.

<b>País</b>	<b>No. Plantas</b>	<b>Observaciones</b>
Alemania	Más de 300	Incluye antigua RFA
Bélgica	40	75% de las plantas son fijas
Dinamarca	17	7 fijas, 7 móviles, 3 semi-móviles
España	1	En Barcelona

Fuente: Eurostat

México aún no cuenta con una investigación seria, pero según la figura 2.5 reciclamos alrededor de un 4% de RSU.  $(100 \cdot 1650) / 39055$

Entre los aspectos que potencialmente pueden suponer limitaciones a las actividades de aprovechamiento de los RCyD, cabe destacar los siguientes:

- Condiciones de carácter técnico.
- Condicionantes de tipo normativo o legislativo.
- Condicionantes impuestos por el mercado de productos recuperados.
- Condicionantes directamente ligados a los costos de transporte.

Analizando los puntos anteriores, la tecnología y capacidad técnica para procesar RCyD son fundamentales, su manufactura en otros materiales como lo indica SEDESOL, etc.

### 5.1.6 Planes de manejo

Los escombros de las acciones constructivas y las demoliciones son, en cuanto a su volumen, la mayor fuente de residuos generados a nivel mundial, con respecto a otros sólidos urbanos.

A diferencia de las construcciones, la recuperación de materiales en las demoliciones es más difícil de caracterizar. Los componentes de los materiales de derribo, frecuentemente están pegados unos a otros: los paneles de revestimiento tienen capas de pintura, las maderas están llenas de clavos, etc. La figura 5.9 muestra la demolición de un edificio que genera grandes cantidades de RCyD.



Figura 5.9 Demolición de un edificio.

Antes de comenzar con el proceso de cualquier demolición se debería tomar el tiempo necesario, identificando cuales son los pasos para racionalizar las tareas y minimizar de este modo la generación de residuos (Ver anexo A4).

#### 5.1.6.1 Plan de Manejo de Residuos de la Construcción en México.

Este plan de manejo considera una estrategia ambiental que regula el manejo de los residuos generados por la industria de la construcción en el Distrito Federal, para ello se cuenta en el Distrito Federal con una Planta de Reciclaje única en el país que inició operaciones en noviembre de 2004.

La tabla 5.7 presenta las cantidades anuales recibidas en la planta de reciclaje. Las cuales ascienden a un total acumulado de 46,345  $m^3$ , volumen equivalente a 60,248 toneladas.

Tabla 5.7 Resumen de residuos de la construcción enviados a reciclaje en el Distrito Federal en 2005 y 2006<sup>1</sup>

Año	$m^3$	Ton
2005	34,288	44,574
2006 <sup>1</sup>	12,057	15,674
Total	46,345	60,248

Fuente: SMA DF. 1 Datos a junio de 2006.

Los residuos provenientes de la industria de la construcción son manejados por los mismos generadores transportándolos en algunos casos al sitio de Bordo Poniente –clausurado en diciembre de 2011- para su disposición final. La práctica común, y que es ilegal, es utilizarlos como material de relleno o tirarlos en lotes baldíos, barrancas u otros sitios clandestinos.

La figura 5.10 muestra el abandono de RCyD en vía pública. Se aprecia la magnitud de desechos a lo largo de la banqueta.



Figura 5.10 Residuos de la construcción abandonados en la vía pública.

### 5.1.6.2 Concretos Reciclados

Concretos Reciclados es una empresa 100% mexicana dedicada al reciclaje de los Residuos de la construcción, fundada en el año 2004.

Su misión es promover la cultura del reciclaje y crear nuevos estándares en el reciclado de los desechos y materiales pétreos producto de la construcción. Además de proveer a la industria de la Construcción con nuevos materiales reciclados de la más alta calidad, a través de los siguientes pasos: [27]

#### 1. Materiales para Reciclar

Dentro de esta actividad, los materiales factibles de reciclar son los que provienen de demoliciones y desechos de la industria de la construcción (edificaciones, excavaciones, vialidades, urbanizaciones, caminos, etc.)

Es importante recalcar el cuidado que se debe tener de **no contaminar** los productos a reciclar, ya que para poder llevar a cabo esta actividad, estos deberán entregarse libres de materiales tales como: basura, papel, madera, plástico, textiles y materiales tóxicos.

Materiales que pueden ser recibidos para su reciclaje:

- Adcretos
- Arcillas

- Blocks
- Tabiques
- Ladrillos
- Concreto Simple
- Concreto Armado
- Mamposterías
- Cerámicos
- Fresado de Carpeta Asfáltica

## 2. Recepción del escombro

La recepción del escombro es primordial, éste debe estar libre de materiales indeseables que pueden restar calidad a los productos reciclados.

La fotografía 5.1 muestra la recepción de RCyD en la planta de Concretos Reciclados. Los cuales son depositados en el almacén destinado a estos residuos para su posterior transformación.



Fotografía 5.1 Recepción y depósito de escombro.  
Fotografía por el Autor.

## 3. Almacenamiento.

Dependiendo de las características del escombro, se acomoda en diferentes almacenes.

- a) Almacén de concreto simple o armado.

- b) Almacén de materiales mezclados, como pueden ser morteros, concretos, tabiques, mamposterías, cerámicos, tepetatosos, etc. “Llamado todo en uno”.
- c) Arenas y Arcillas producto de excavaciones.
- d) Fresado de carpeta asfáltica.

La fotografía 5.2 muestra del depósito de los RCyD y se aprecia como son separados por su tamaño (granulometría) y tipo.



Fotografía 5.2 Almacenamiento de los RCyD.  
Fotografía por el Autor.

#### 4. Trituración y Clasificación.

De acuerdo a la granulometría deseada, se realiza la trituración y clasificación de los materiales de los diferentes almacenes.

#### 5. Equipo de Trituración.

A base de quijadas, montado sobre orugas, computarizado y manejado a control remoto, con electroimán para separación del acero y sistema de aspersion para la estabilización de polvos. En la fotografía 5.3 muestra el material procesado de los RCyD.



Fotografía 5.3 Clasificación de materiales obtenidos.  
Fotografía por el Autor.

## 6. Equipo de Cribado.

Montado sobre orugas, computarizado y manejado a control remoto. Este equipo nos permite clasificar materiales con 4 curvas granulométricas diferentes.

Con estos equipos se tiene una gran versatilidad en la operación, ya que pueden ser desplazados de un almacén a otro, lo que economiza la operación sin requerir de instalaciones especiales.

### **Productos ofrecidos**

Material de 3". Material recomendado para estabilización de suelos, rellenos, filtros o terraplenes.

Material de 2" a finos. Usos: Además de emplearse con cierta ventaja en los anteriores, se puede emplear en rellenos donde se requiera un material más fino que el anterior.

Material de 1" a finos. Usos: En todas las anteriores y en rellenos que se requiera un material aún más fino. Puede sustituir con ventaja al tepetate natural en muchas aplicaciones, para recibir firmes en banquetas o edificaciones pequeñas.

## 5.2 LO MÁS RENTABLE: DISTINTOS MATERIALES RECICLADOS

### 5.2.1 Rentabilidad de Empresas Recicladoras

Para que exista rentabilidad, tiene que existir condiciones adecuadas así como áreas de oportunidad. Las condiciones apropiadas ideales para la Gestión de Materiales Sustentables son: [1]

- Mercados
- Competencia
- Innovación
- Información y educación de productores y consumidores
- Orientación de la demanda

Dos ejemplos del mercado actual son Concretos Reciclados y las Plantas de TI/RSU de TechBio. Ambas con sustentabilidad.

- a) **Concretos reciclados** aún es una empresa buscando colocarse en un mercado nuevo y con muchos paradigmas, y aún busca el apoyo de empresas en el ramo para su sustentabilidad.

A continuación se muestra en la tabla 3.1 un ejemplo breve con datos de los ingresos (basados en datos proporcionados, no implica lo real).

Tabla 5.8 Ingresos estimados de Concretos Reciclados.

Año	m <sup>3</sup>	Ton	Cobra m <sup>3</sup>	Vende m <sup>3</sup>	Total
2005	34,288	44,574	\$ 66.00	\$ 46.00	\$ 3,840,256.00
2006 <sup>1</sup>	12,057	15,674	\$ 66.00	\$ 46.00	\$ 1,350,384.00
Total	46,345	60,248			\$ 5,190,640.00

Fuente: Por el autor y Concretos Reciclados

2006<sup>1</sup> Hasta mayo del mismo año.

Además la capacidad de procesamiento en la planta es de 1,000 Ton/día.

- b) Por su lado **TechBio** [13] tiene cuatro formas de ingreso: Pago de disposición final, venta de material RESIBLOCK tipo ladrillo, venta de reciclados como son el Pet, plástico, fierro y demás desechos reutilizables, e Ingresos por la venta de bonos de carbono.

La tabla 5.9 es el estimado de ingresos por parte de TechBio y beneficios, así como en parte los costos de operación.

Tabla 5.9 Ingresos y Costos de Operación de TechBio.

Costo de la planta procesadora	Royalty	Beneficios	Ingresos
\$4'000,000.00 (CUATRO MILLONES DOLARES AMERICANOS)	\$70.00 (setenta pesos 00/100 M.N.) por tonelada	400 Ton/día Procesa	40% del producto obtenido por la venta de bonos de carbono  30% de la venta de Resiblock

Fuente: TechBio

- Esta planta produce 750 ladrillos por tonelada de RSU.
- Produce 0.90 bonos de carbono por tonelada x 400 toneladas = 360 BONOS diarios cuyo precio promedio en el mercado es de \$15.00 USD. (QUINCE DOLARES AMERICANOS)

Tabla 5.10 Egresos de la Planta de TI/RSU

Tipos de Ingreso	\$ Pieza	Cap. De planta por día (Ton)	Producción por día	total
Pago Disp. Final	-	400	-	-
Venta Resiblock	\$ 0.80	400	300000	\$ 240,000.00
Venta de reciclados	\$ -	400	-	-
Bonos de carbono		400	360	\$ 5,400.00
				USD

Fuente: TechBio

## 5.2.2 Recolección de los materiales reciclables

La NADF-007-RNAT-2004 en su punto "7. Especificaciones técnicas para el manejo de los residuos de la construcción" señala lo siguiente:

#### 7.4 Recolección y transporte de los residuos de la construcción.

7.4.1 La recolección y transporte de los residuos de la construcción referidos en esta norma ambiental debe realizarse conforme a lo dispuesto en la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal, el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y el Reglamento de Tránsito para el Distrito Federal y demás ordenamientos jurídicos aplicables además de cumplir con lo siguiente:

a) Durante la recolección y transporte de los residuos de la construcción se debe respetar la separación de estos residuos realizada desde la fuente por el generador conforme a lo establecido la tabla 5.1 y evitar mezclarlos con otro tipo de residuos.

b) El prestador del servicio del transporte debe circular en todo momento, con los aditamentos necesarios que garanticen la cobertura total de la carga para evitar la dispersión de polvos y partículas, así como la fuga o derrame de residuos líquidos durante su traslado a sitios de disposición autorizados.

##### **5.2.2.1 Los Materiales Reciclables**

La reutilización de los RCyD no solamente reporta ventajas medioambientales sino también económicas. El éxito para que lo anterior se cumpla es la demanda en el mercado y el precio de estos materiales transformados.

Los siguientes enfoques persiguen objetivos y acciones por parte de los diferentes actores y sectores interesados: [1]

- Economía Circular
- Consumo y producción sustentables
- Manejo de ciclo de vida
- Materiales sustentables
- Manejo de recursos

Una vez que los materiales susceptibles de ser reciclados han sido objeto de recuperación y procesamiento, los materiales que se suelen reutilizar o reciclar se encuentran los accesorios eléctricos y de plomería, el acero y concreto, madera, así como puertas y ventanas o herrerías.

- Reciclado de Concreto y Asfalto:

El concreto es una mezcla de agregados (arena y grava) cemento y agua, este material puede reciclarse al triturarlo y retirando cualquier metal, a fin de emplearlo como base de las carreteras o como un agregado en el asfalto o concreto. Esta práctica es mayor en los condados de Estados Unidos en los que el costo de confinamiento de residuos es alto o escasean los agregados (se estima que alrededor de 50 millones de toneladas al año de pavimento triturado es reutilizado en ese país). [9]

- **Reciclado de Residuos de Madera:**

Los residuos de madera generados en las construcciones tienen mayor potencial de reciclado, pues suelen estar más limpios que los que resultan de los procesos de demolición y son más fáciles de separar del resto. La madera triturada o el aserrín se utiliza como cubierta o para abultar la composta, como combustible, por su bajo contenido de humedad. Sin embargo, dependiendo de la regulación estatal (EUA), puede haber restricciones para la combustión de cierto tipo de maderas (por ejemplo, pintadas o tratadas con sustancias preservadoras), a fin de prevenir o reducir emisiones contaminantes al ambiente.

- **Reciclado de Metales:**

Entre los materiales recuperados a partir de los RCyD, los metales son los que tienen el mayor potencial de reciclado y entre ellos se destaca el cobre, aluminio, hierro dulce. *El Instituto de Reciclaje de Acero (EUA) informa que el reciclaje del acero alcanza un 85% (lo que equivale a cerca de 18.2 millones de toneladas de las 21.4 toneladas generadas).* Los metales recuperados provienen principalmente de edificios, calles, puentes y autopistas.

- **Plafones o muros de yeso:**

Este tipo de materiales suelen recuperarse separando la capa de papel detrás del yeso y reciclando ambos para volver a reconstituir plafones o muros, pero también se les emplea como las virutas de madera o elaborar composta.

### **5.2.3 Demanda existente en el consumo de materiales reciclados (mercado)**

Desde hace años, se ha hecho conciencia de la necesidad de reducir la cantidad de residuos, sean orgánicos o no. Actualmente los avances en tecnología permiten dar un mejor uso a todo aquello que antes simplemente se desechaba y carecía de valor.

#### **5.2.3.1 Tratamiento Industrial de Residuos Sólidos Urbanos (TI/RSU)**

Es un diseño de ingeniería destinado al tratamiento y procesamiento industrial de los RSU en cualquier tipo de densidades poblacionales (Techbio 2009).

La propuesta de **TECHBIO** se centra en tomar la basura como principal materia prima y transformarla a través de un proceso químico y de ingeniería para obtener un material completamente inerte llamado **RESIBLOCK**, con la posibilidad de aplicarlo al desarrollo urbano y mejorar la calidad de vida de los habitantes.

**Techbio** buscó con el apoyo de investigadores mexicanos y chilenos dar soluciones confiables para el reaprovechamiento total de los RSU, creando una planta procesadora de basura, que la transforma en un material utilizable para la industria de la construcción:

- Ladrillos para casas, escuelas
- Adcreto para banquetas, parques
- Separadores viales e incluso pavimentación

Las Figuras 5.11 y 5.12 muestran al producto ResiBlock y la Figura 5.13 ilustran su aplicación.



Figura 5.11 y 5.12 Resiblock.



Figura 5.13 Usos de Resiblock en jardines.

La justificación de este proyecto se sustenta en 4 principios:

- Económicos
- Ecológicos
- Urbano
- Social

### 5.2.3.2 Esquema y bondades de una planta de tratamiento de RSU

Entre sus principales beneficios esta planta pretende dar solución a los excedentes de materiales que hay en los rellenos sanitarios así como una redituable disposición final de los RSU. Este proceso busca una solución económica para la disposición de los residuos sólidos, por lo que se convierte en un proceso al alcance para todos los Municipios.

La figura 5.14 es una representación esquemática de una Planta de Tratamiento Industrial de los RSU o domiciliarios. [13]

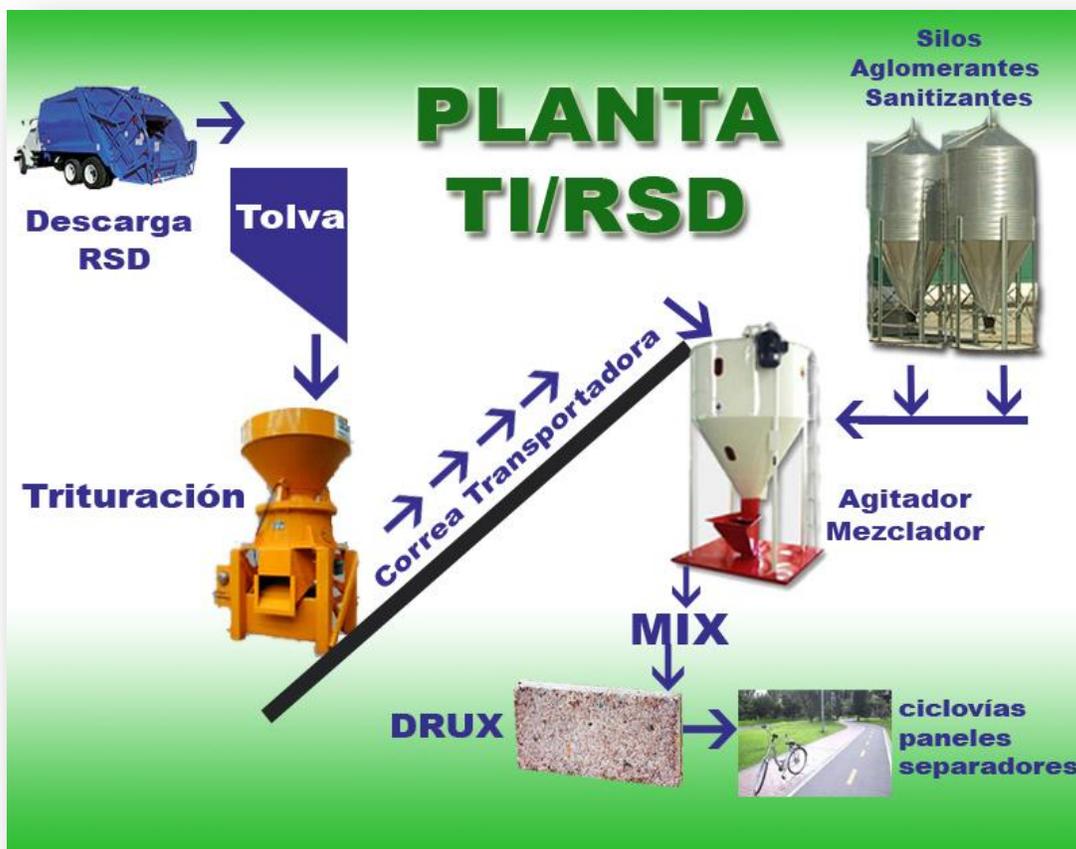


Figura 5.14 Esquema de una planta de TI/RSU

Características de relevancia en la planta:

- Procesa 400 toneladas de basura por día lo equivalente a 12,000 toneladas de Residuos Sólidos Domiciliarios (RSD) al mes.
- Puede reciclar todo tipo de residuos sólidos, incluyendo pañales y otros materiales de difícil biodegradación.
- Tiene la capacidad de producción de 750 ladrillos RESIBLOCK por tonelada.
- Da la posibilidad de generar bonos de carbono mensualmente.
- Requiere un terreno de aproximadamente 400 m<sup>2</sup>

“Este material contribuye en el marco de trabajo de las desarrolladoras y constructoras, con una reducción en el costo de construcción considerable puesto que el bloque de RESIBLOCK que cuenta con las características de un ladrillo es de \$80 centavos por pieza, *una quinta parte del valor de un ladrillo tradicional*, con igual o mejores cualidades de firmeza, compactación (según requerimientos del constructor) además de que puede ser incorporado el color deseado desde el proceso de transformación” (TechBio 2009).

#### **5.2.4 Costos económicos y ahorro**

En términos generales, las condiciones necesarias para alcanzar una valorización significativa de los RCyD son las siguientes: [6]

- a) Clasificación en origen o, alternativamente cuando no exista la posibilidad de hacerlo en obra, en plantas de clasificación, por tipos de materiales, particularmente concreto, cerámicos, madera, metales, plástico, papel y cartón.
- b) Oferta de una infraestructura de reciclaje (en general, valorización) suficiente para los residuos generados: plantas de clasificación, plantas de fabricación de áridos reciclados (agregados como arena y grava), vertederos de rechazo para los RCyD no tratados o resultantes de un proceso previo de tratamiento
- c) Canales de recogida selectiva de las fracciones de madera, metal, plástico, papel y cartón separadas en obra o en plantas de clasificación, que trasladen dichas fracciones a recicladores, en general valorizables, de estos materiales.
- d) Una demanda sostenida de áridos (gravas y arenas) reciclados por parte de las empresas constructoras y de las empresas fabricantes de materiales y productos de construcción.

La figura 5.15 muestra los residuos en general separados en planta de tratamiento.



Figura 5.15 Residuos clasificados en Planta.

Las alternativas de valorización dependen en gran medida del tipo de obra, por lo que una buena clasificación de tipo de obra conduce a una buena clasificación de los residuos. Así podrían distinguirse -según el Plan Nacional De Residuos De Construcción y Demolición (PNRCD) del Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR 2007-2015, España)- tres grandes grupos de obras: [7]

- Obras de edificación de uso residencial, de servicios o industrial
- Obras de construcción o demolición de infraestructuras civiles (carreteras, ferrocarriles, obras hidráulicas, puertos, aeropuertos, etc.)
- Obras de demolición y reparación, de edificios de uso residencial, de servicios o industrial

De lo anterior cabe destacar que las obras civiles son las que más residuos generan en cuanto a volumen, las obras para uso residencial e industrial son las que debido a sus características, contienen diversos tipos de materiales y las de demolición deben contener un plan que contenga inventario para una anterior demolición selectiva que maximice el uso del material reutilizable.

*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.*

Un proyecto piloto concluido en Dinamarca relativo a la demolición de dos puentes, aproximadamente 1,400 toneladas de concreto 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. (Revista Residuos # 8)[21]

#### 5.2.4.1 Autosuficiencia para la gestión de los residuos

Los RCyD es un flujo que, debido a su elevada densidad y su bajo valor económico, exige la disponibilidad de plantas de tratamiento no muy alejadas de la fuente de generación.

En la tabla 5.11 se refleja las alternativas más probables de valorización RCyD.

Descripción de residuo	Valorizable	Operación De valorización o eliminación	Productos o residuos obtenidos	Destinos de los materiales obtenidos
Concreto	si	Planta de reciclado RCyD.	Arenas, gravas	Bases y sub-bases de carreteras, fabricación de cemento, otros productos de construcción.
Ladrillos	si	Planta de reciclado RCyD.	Agregados ligeros	Concretos ligeros, relleno en firmes de infraestructura deportiva, paisajismo y jardinería.
Tejas y materiales cerámicos	Si	Planta de reciclado RCyD.	Agregados ligeros	Concretos ligeros, relleno en firmes de infraestructura deportiva, paisajismo y jardinería.
Mezclas o fracciones separadas de concreto, ladrillos, tejas y materiales cerámicos que contienen sustancias peligrosas.	No	Tratamiento físico-químico	En general no se obtendrán productos utilizables, salvo que el tratamiento físico químico transforme el residuo en no peligroso y pueda someterse a una operación de reciclado.	Vertedero.

Fuente: Asenjo, 2008 [6]

### 5.2.5 Otras aplicaciones para los materiales reciclados

El "Earthship" "barco terrestre", "nave de tierra" o simplemente eco-casas. Es un concepto de casas ecológicas completamente hechas con material reciclado: botellas, latas de aluminio y llantas de carros, entre otros. El concepto de este tipo de vivienda parte del principio de reciclaje combinado con la utilización de energías renovables. [8]

El "Earthship" es un modelo arquitectónico de vivienda autónoma desarrollado desde hace más de treinta años a partir de los trabajos originales del arquitecto estadounidense Michael Reynolds, basado principalmente en cuatro elementos:

- La orientación de la casa hacia el sur - válido para el hemisferio norte- en un diseño que permite una captación óptima de la luz y el calor solar mediante cristales.
- Utilización de llantas usadas, colocadas en posición horizontal, como si fueran grandes ladrillos, rellenas de tierra compactada, para los muros cargueros de la casa, dando como resultado una pared increíblemente estable, con los beneficios de la 'masa térmica' que permite mantener dentro de la vivienda una temperatura media constante de entre 15 y 20 grados centígrados.
- Utilización de energías poco contaminantes, como la solar y la eólica para el consumo doméstico.
- Instalación de sistemas de captación y almacenamiento de agua, así como el tratamiento de aguas residuales.

La figura 5.16 es una casa ecológica construida con materiales reciclables.



Figura 5.16 Casa Ecológica.

*“Este tipo de construcción utiliza alrededor del 10 % de la energía que normalmente demanda la construcción de una vivienda, si se considera la empleada en cada uno de los procesos de transformación de los materiales de construcción (cemento, cerámicos, plásticos, etc.) y la correspondiente a calefacción, enfriamiento e iluminación de una vivienda.”*

Figura 5.17 Casa ecológica con muros de llantas de autos.



Figura 5.17 Casa Ecológica.

La figura 5.18 muestra la construcción de una casa ecológica.



Figura 5.18 Construcción de casa Ecológica.

## 5.3 SUSTENTABILIDAD: TECNOLOGÍAS Y MEDIO AMBIENTE

### 5.3.1 Desarrollo sustentable

El desarrollo sustentable es aquel que satisface las necesidades de generaciones actuales sin poner en peligro ni comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. En la figura 5.19 se muestra de manera de manera ilustrativa el concepto de sustentabilidad.



Figura 5.19 Esquema de sustentabilidad ambiental

Con este preámbulo, este capítulo tiene como objeto mostrar algunas alternativas amables con el ambiente: materiales, vivienda sustentable. Antes de entrar a explorar las alternativas, primero dejaremos un panorama del impacto ambiental y sus repercusiones y consecuencias al desarrollo sustentable. [10]

### 5.3.2 Impacto Ambiental

Entre los materiales y sustancias que pueden encontrarse entre los RCyD y que pueden tener alguna característica de peligrosidad cabe destacar:

- Aditivos de concreto (inflamable)
- Emulsiones alquitranadas (tóxico, cancerígeno)
- Materiales a base de amianto, en forma de fibra respirable (tóxico, cancerígeno)
- Madera tratada con fungicidas, pesticidas, etc. (tóxico, ecotóxico, inflamable)
- Equipos con PCB (ecotóxico, cancerígeno)

- Elementos a base de yeso (Fuente posible de sulfhídrico en vertederos, tóxico, inflamable)
- Envases que hayan contenido sustancias peligrosas (disolventes, pinturas, adhesivos, etc.)

El mayor volumen de los residuos generados en la construcción están considerados como inertes, es decir, no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas; no son solubles, ni combustibles, ni reaccionan física o químicamente, ni son biodegradables, ni afectan negativamente a otros materiales con los que tengan contacto de manera que puedan contaminar el medio ambiente o perjudiquen a la salud humana.

Sin embargo, la disposición final inadecuada de los residuos propicia la contaminación del aire, del suelo y del agua. [14]

- Contaminación del aire: Al depositarse los RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN en lugares a cielo abierto propician que las partículas pequeñas sean trasladadas por el viento, afectando la salud de las personas que habitan en las zonas cercanas al vertido. Muchas de estas partículas pueden ser aun más perjudiciales, ya que pueden ser tóxicas.

La Figura 5.20 muestra la contaminación del aire por la quema de basura.



Figura 5.20 Quema de Basura.

- Contaminación del suelo: Los residuos de construcción abandonados en lugares no adecuados, provocan la degradación del suelo por los materiales tóxicos que pueden presentar como pinturas, solventes, grasas, asbestos, aditivos para concreto; etc.; además, propician que en este mismo espacio sean depositados residuos sólidos urbanos, en donde ambos (peligrosos y

sólidos urbanos) pueden lixiviar y contaminar el suelo como se muestra en la Figura 5.21.



Figura 5.21 Degradación del suelo.

- Contaminación del agua: Provocan la contaminación de los cuerpos superficiales y subterráneos de agua al lixiviarse residuos sólidos urbanos y peligrosos.

La figura 5.22 muestra la contaminación de corrientes de agua por vertido de residuos.



Figura 5.22 Contaminación de agua.

En cuanto a la disposición final adecuada, el impacto más representativo es la disminución de la vida útil de los rellenos sanitarios, ya que la generación de este tipo de desechos forma una parte muy significativa del total de residuos generados (ver Problemática de los RS).

Para la eliminación de los residuos de construcción, la disposición controlada puede causar impactos positivos siempre y cuando se realice con la finalidad de recuperar zonas degradadas o como material de cubierta en rellenos sanitarios de residuos sólidos urbanos (RSU).

El reciclaje de los residuos de la construcción disminuye impactos ambientales, como lo justifican los datos siguientes: [14]

- Transporte: Las distancias recorridas para disposición de residuos de construcción, a la planta de reciclaje son menores que las distancias al relleno sanitario (Ver tabla 5.15), se presenta una disminución en la contaminación del aire por los gases de escape, producto del traslado de los camiones de carga, también involucran una reducción en el nivel de ruido y vibraciones producidas durante sus recorridos; además se verá disminuido el consumo de recursos energéticos.
- Prolongación de la vida útil de los espacios de disposición final: Al reducirse la cantidad de residuos de construcción dispuestos en los rellenos sanitarios, la vida útil de estos lugares se incrementará, garantizando con ello, que el vertido de residuos sólidos urbanos se deposite en los espacios que quedaron disponibles.
- Reúso de residuos de construcción: Estos residuos al ser reciclados no quedan como desechos, sino que se incorporan de nuevo al ciclo de la industria de la construcción, ya que pueden ser aprovechados en diversas actividades constructivas como por ejemplo, material de cubierta en rellenos sanitarios, construcción de caminos secundarios, firmes en construcciones pequeñas, etc.; que a su vez beneficiarán económicamente a todas aquellas empresas que decidan consumirlos, al ser más baratos que los agregados vírgenes (Ver capítulo 3). Por otro lado, al hacer la comparativa entre impactos ambientales negativos producidos durante el proceso de explotación de agregados vírgenes y el proceso para la elaboración de agregados reciclados, éstos últimos poseen un número significativamente menor que los primeros, haciendo más factible su uso en el aspecto ambiental.
- Conservación de bancos de materiales: Al sustituir a los agregados vírgenes por los reciclados, se resguardan los espacios naturales (bancos de materiales, Ver capítulo 2) por la reducción en la explotación de recursos minerales, lo que propicia que la flora, la fauna, las condiciones del suelo, del agua y del aire se preserven para el bienestar del ambiente.

### 5.3.2.1 Construcción y materiales sostenibles

“Desarrollar una construcción sostenible durante la etapa de derribo y puesta en obra supone la adopción de soluciones técnicas de buenas prácticas que posibiliten la reducción de los efectos ambientales negativos además del ahorro de energía”. [16]

Tabla 5.12 Aspectos fundamentales la Construcción Sostenible

CONCEPTO	CARACTERÍSTICAS
Adaptación a su entorno	Conocer el clima ha sido el principal referente de los asentamientos humanos, el conocimiento del sol (de su trayectoria, de su intensidad), del viento, de la latitud, de la pluviosidad, de la temperatura...
Ahorro de recursos	Mediante el empleo de materiales de bajo impacto ambiental y social a lo largo de todo su ciclo de vida.  Consecuentes con esos materiales, los sistemas constructivos o, lo que es lo mismo, la forma de colocar esos materiales en el edificio deben ahondar en este criterio de ahorro y austeridad.
Ahorro de energía	Primero minimicemos las necesidades energéticas a través de las denominadas estrategias de diseño, orientación, uso de aislamientos... A continuación empleando equipos que consuman menor cantidad de energía ofreciendo el mismo servicio, la llamada eficiencia energética. Y por último, para las necesidades que a buen seguro existirán, usemos energías renovables. En definitiva: <b>Ahorro + Eficiencia + Energías renovables.</b>
Participación de usuarios	Debemos desterrar la idea de que el futuro usuario no es más que una molestia en el engranaje de la industria que fabrica casas, y apostar por fomentar su participación en todo su ciclo de vida.

Fuente: Aspectos Fundamentales de la Construcción Sostenible [16]

La optimización del uso de recursos evitando el derroche y la mala utilización de materiales, agua y energía para colaborar en un necesario cambio de las actuales pautas de consumo insostenible traducido en Eficiencia y Ahorro.

Conocido es que los materiales de construcción inciden en el medio ambiente a lo largo de su ciclo de vida, desde la extracción y procesamiento de materias primas, hasta el final de su vida útil y su tratamiento como residuo.

La Figura 5.23 muestra el proceso de incidencia de los materiales de la construcción. [18]

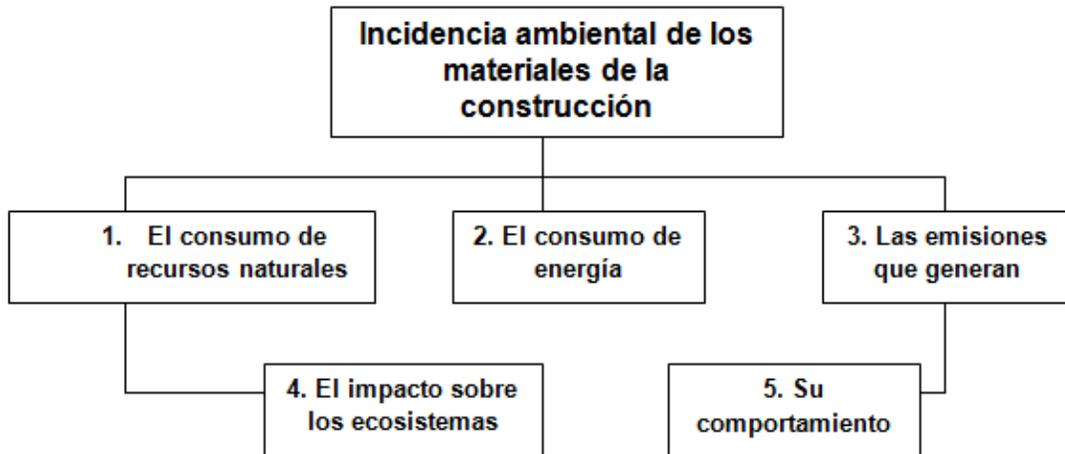


Figura 5.23 Esquema de los materiales de la construcción.

Se establecen los requisitos que deberán cumplir durante un período de vida económicamente razonable, y son los siguientes:

- procedan de fuentes renovables y abundantes
- no contaminen
- consumen poca energía en su ciclo de vida
- sean duraderos
- puedan estandarizarse
- sean fácilmente valorizables
- procedan de producción justa
- tengan valor cultural en su entorno
- tengan bajo coste económico

A continuación se muestra algunos impactos ambientales de materiales comunes en la construcción.

Tabla 5.13 Impacto Ambiental de los principales materiales de construcción [16]

Material	Efecto invernadero	Acidificación	Contaminación atmosférica	Ozono	Metales pesados	Energía	Residuos sólidos
Cerámica	***	***	***	***	***	***	*
Piedra	***	***	***	***	***	***	*
Acero	**	**	*	***	**	**	***
Aluminio	*	*	**	***	*	*	***
PVC	**	**	*	***	**	**	**
Poliestireno	**	*	*	**	*	*	**
Poliuretano	*	**	*	*	**	**	***
Pino	***	***	***	***	***	***	***

\*\*\*Impacto pequeño, \*\*Impacto medio, \* Impacto elevado

Fuente: Guía de Construcción Sostenible, 2006.

### 5.3.2.2 Materiales de concreto amigables con el ambiente

En México el consumo de energía en la vivienda representa el 25% del total nacional. El análisis del ciclo de vida de los materiales de la construcción, permite visualizar en cada una de sus etapas, los impactos ambientales que estos pueden producir al medio. [10]

#### Propiedades

- Amigable con el Suelo.

No requiere grandes extensiones para la instalación de plantas, ni para el almacenaje, se pueden crear pavimentos permeables, incluso áreas verdes transitables, puede ser fabricado con materiales reciclados.

En la Figura 5.24 se puede observar un Block típico de concreto para pisos.



Figura 5.24 Block de concreto para pisos.

- Mantiene la calidad el aire.

Reduce el uso de pintura y la emisión de elementos volátiles al emplear colores integrales y elementos aparentes, evita la formación de moho, ya que el concreto no es fuente de alimento para los hongos.

En la Figura 5.25 se muestra un Block ideal para acabados en muros.



Figura 5.25 Block de concreto para acabados.

- Ahorro de energía

Por su vida útil, tiene un menor impacto ambiental, puede fabricarse cerca de las construcciones y con materiales de la región, lo cual reduce el consumo de

combustible en transporte, por su masa térmica y cámaras de aire, reduce el uso de aire acondicionado.

Figura 5.26 Block de concreto hueco para exteriores o divisiones de viviendas, ideal para mantener estable la temperatura y disminuir efectos de sonido.



Figura 5.26 Block de concreto para muros.

La Tabla 5.14 muestra algunas ventajas de block de concreto respecto a otros materiales parecidos. [10]

Nombre	Unidad	Tabique rojo recocido	Block hueco pesado de concreto	Tabicón pesado	Tabique estriado multiperforado de barro	Block estriado multiperforado de barro
Dimensiones reales	cm	5.5*11.5*23.5	11*20*39	9*13*27	12*12*23	12*24*49
Piezas/m <sup>2</sup> *	Pza.	64	12	36	32	8
Peso	Kg	1.8	11.0	5.5	2.7	12.0
Mortero lt/m <sup>2</sup>	Lt.	22.1	6.9	17.3	22.7	11.8
Peso por m <sup>2</sup> con mortero	Kg	168	149	240	141	124
Escalerilla /m <sup>2</sup>	M	0	2.5	0	3.75	1.25
Precio**	Pza.	\$1.30	\$5.30	\$1.30	\$2.85	\$11.0
Costo muro***	m <sup>2</sup>	\$176.02	\$114.47	\$122.56	\$187.01	\$139.15

Tabla 5.14 Continuación

Ahorro***		0%	35%	30%	0%	21%
Rendimiento de mano de obra	<i>m<sup>2</sup>/jor</i>	6	12	7	8	14

Fuente: Fichas técnicas de fabricantes, Cubicación de obra y Sistemas de precios unitarios CostoNet.

\* Piezas por m<sup>2</sup> con junta de 1 cm.

\*\* Precio por pieza de material puesto en obra en la Zona Metropolitana del D.F., Mayo 2008.

\*\*\* Costo incluye suministro y colocación de muro sin aplanar.

Ahorro calculado tomando como base el tabique rojo recocido.

### 5.3.2.2.1 Aplicaciones

El Conjunto Habitacional Torres ubicado en Puebla, cuenta con 576 departamentos repartidos en 24 edificios de 6 niveles. Es una muestra de la aplicación de block hueco de concreto que no necesita de pintura y por sus propiedades es excelente como material térmico (ahorro de energía).

Por otra parte, el uso de energía en México está relacionado con las condiciones climáticas favorables del país y se distribuye como sigue: 61% de la energía es usada para cocinar, 28% para calentar agua, 5% para iluminación y 3% para enfriamiento.

En las Figuras 5.27 y 5.28 se muestran ejemplos de viviendas hechas con Block de Concreto.



Figuras 5.27 y 5.28 Viviendas con exteriores de Block de Concreto.

Figura 5.29 Construcción con Block de Concreto.



Figuras 5.29 Construcción con Block de concreto.

- Con limpieza y uso de un block de color con alta resistencia, baja absorción y baja capilaridad, se ahorra en aplanados y pintura.
- El uso de un mortero aditivado; mejora la adherencia y la resistencia al cortante, evitando grietas, filtraciones y reparaciones futuras.

### 5.3.3 RCyD que llegan al Relleno Sanitario Bordo Poniente

Un estudio realizado durante el año de 1998, la Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (JICA, siglas en Inglés), realizó “Estudios Sobre Manejo de Residuos Sólidos para la Ciudad de México” [12], los cuales incluían un estudio para determinar la posibilidad de que la *explotación u excavación* de relleno sanitario, fuera una alternativa para aumentar la vida útil del Relleno Sanitario Bordo Poniente. Para lo cual invitó a la empresa mexicana INCREMI, S.A. DE C.V. Los objetivos fueron los siguientes:

- Determinar las características físicas y químicas de los residuos enterrados en el sitio.
- Cuantificar las cantidades de subproductos recuperables enterrados en el sitio, tales como materiales reciclables, y material inerte.

En la metodología se determinó excavar 6 pozos en las etapas 1, 2 y 3 del bordo poniente. Posteriormente se hizo una muestra para la clasificación de estos de acuerdo con las NOM vigentes. Las muestras fueron enviadas a laboratorio para su análisis.

De acuerdo a los estudios arrojados por laboratorio se obtuvo los datos que se muestran en la Figura 5.30. [12]

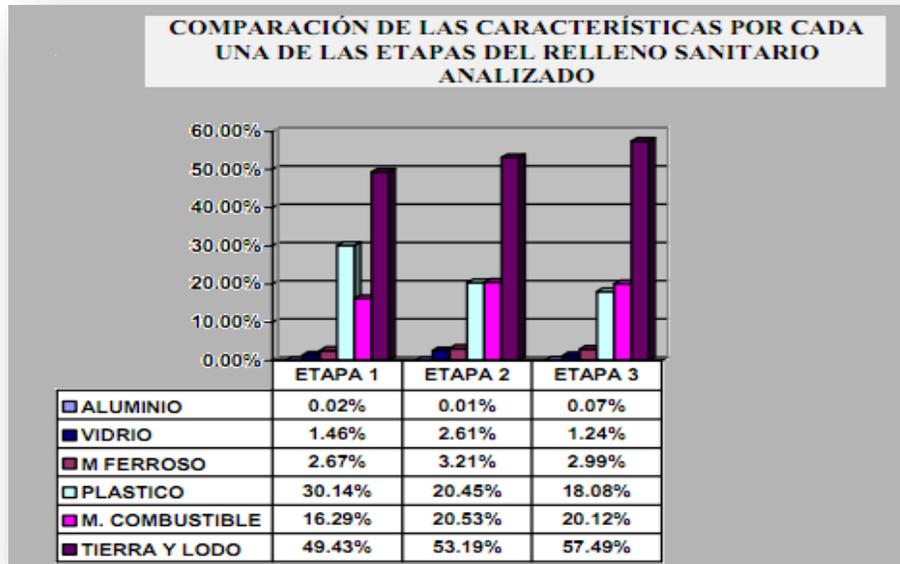


Figura 5.30 Porcentaje de residuos en el Bordo Poniente  
Fuente: Estudios de campo realizados por Incremi, S.A. de C.V.

La explotación y la recuperación de sitios de disposición final, es una tecnología y un método para el manejo de los residuos sólidos. Dado su nivel de desarrollo, solamente se pueden dar algunas conclusiones preliminares con respecto al potencial y a las perspectivas de satisfacer ese potencial.

“El concepto de la explotación de rellenos sanitarios y la tecnología relacionada merece una consideración seria. Puede ser relevante considerar la incorporación de este concepto al diseño de Relleno Sanitario de modo que éstos rellenos sean fácilmente accesibles para su explotación en el futuro.” (Bárcenas, et al, 1998)

La mayor parte de los residuos depositados en el Bordo son RCyD, si se lleva a cabo la instalación de una planta de tratamiento de este tipo de residuos, y junto con la explotación de este, representaría una buena oportunidad de negocio.

### 5.3.3.1 Tratamiento de los Residuos

Se estima que en las últimas décadas fueron almacenadas en dicha zona federal del antiguo Lago de Texcoco 70 millones de toneladas de desperdicios a un ritmo de 4.5 millones de toneladas por año y 7 mil 300 toneladas por día. (Figuroa 2010)

Según (Morales, 1996) entre el 15 y 20% de los RSU son RCyD. Así que 20% de las 7,300 Ton/día son RCyD, es decir, 1460 Toneladas.

Una planta de tratamiento de RCyD es una excelente opción para aprovechar las 1460 Ton de cascajo, que, como se vio en el capítulo de Impacto Ambiental reduce la contaminación.

Por otro lado los demás desechos de RSU, son tratados actualmente en la planta de composta del DF. Recibe 1,200 toneladas -el 16.4%- diarias de basura orgánica. La cual ya envía abono para la producción agrícola de Milpa Alta, Xochimilco y Tláhuac.

Lo anterior se hará con los residuos sólidos generados en los 322 mercados públicos para que a final de este año la planta de composta reciba tres mil toneladas diarias de estos desechos.

### **5.3.3.2 Riesgos a la salud**

Ahora bien, en la capital del país no sólo es mayor el porcentaje que representan los residuos de construcción y demolición respecto a la generación total; – si lo comparamos con el dato nacional – el inventario de residuos sólidos del DF 2007 informa que sólo se tiene conocimiento que 386 toneladas de estos residuos se disponen en el relleno sanitario de Bordo Poniente Etapa IV, así que las toneladas restantes, 1074 Ton, se tiran en barrancas, canales, caminos vecinales, etc.

Otra desventaja de los rellenos sanitarios es que tienden a acentuar la desigualdad social, ya que los desechos se ubican en las zonas donde vive gente de menores recursos. Según un informe de Environmental Research Foundation (1990) las casas ubicadas cerca de un relleno sanitario se venden a un precio 10 o 15% menor del precio de mercado. [4, 5,19 y 20]

El Bordo Poniente es uno de los focos más contaminantes a la atmósfera de la capital del país, así como el tiradero más grande del mundo, al producir grandes cantidades de gas metano; con su cierre en diciembre de 2011 se podrá sanear los mantos acuíferos y el aire de la zona, así como la debida explotación de este.

### **5.3.4 Transporte de RCyD**

Por causa del alto peso específico de los RCyD se acondicionan normalmente en contenedores metálicos de 4 o 5 m<sup>3</sup>, similares a los que se usan para los RSU. El problema creado por este tipo de escombros está relacionado con el volumen necesario para acondicionarlos y como ya se mencionó estos residuos ocupan gran cantidad de espacio en los rellenos sanitarios.

Con el recorrido de distancias menores para disposición de RCyD, a la planta de reciclaje con respecto al relleno sanitario, se presenta una disminución en la contaminación del aire por la reducción de gases de escape de los camiones recolectores, se controla el nivel de ruido y las vibraciones producidas y además se verá disminuido el consumo de recursos energéticos, combustible, además que obviamente se reaprovecha el material susceptible de ser reciclado.

La Figura 5.31 es un ejemplo de contenedor de RCyD.



Figura 5.31 Depósito de RCyD

Considerando que los costos de recepción son más económicos en la planta de reciclaje que en el relleno sanitario y que los residuos recibidos, no quedan como desechos, sino que se someten a un proceso adecuado para reutilizarlos, se garantiza un mercado con altas expectativas de éxito, siempre y cuando las autoridades hagan cumplir la legislación de manera más estricta. Otro factor que impacta el costo por disposición de residuos, es el traslado de los desechos al relleno sanitario o a la planta de reciclaje, ya que al considerar distancias mayores, se generarán más gastos en combustible y mantenimiento para los camiones recolectores.

La Tabla 5.15 muestra la distancia promedio relativa entre el Relleno Sanitario y la Planta de Reciclaje Referencia: Concretos Reciclados S.A de C.V. [21]

Delegación	Relleno sanitario (km)	Planta de Reciclaje (km)
Álvaro Obregón	12.3	18.6
Azcapotzalco	18.8	22.9
Benito Juárez	16.8	12.9
Coyoacán	19.3	10.3
Cuajimalpa	29.3	23.7
Cuauhtémoc	14.5	16.3

Tabla 5.15 Continuación

Gustavo A. Madero	24.8	21.4
Iztacalco	10.5	10.6
Iztapalapa	10.6	4.03
Magdalena Contreras	27.9	18.8
Miguel Hidalgo	19.9	19.7
Milpa Alta	28.9	12.6
Tláhuac	16.6	6.3
Tlalpan	27.0	16.0
Venustiano Carranza	8.6	13.29
Xochimilco	22.4	8.92

Fuente: Rivera, 2008.

### 5.3.5 La manufactura del material en nuevos productos

Los residuos de las excavaciones, el concreto, las tejas, los ladrillos, tabiques y cerámicos, han demostrado a nivel mundial, tener un potencial importante de reúso o reciclaje, que permiten reducir de manera importante su disposición en el suelo de conservación. [14]

Investigadores de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) desarrollaron una novedosa técnica que permite aprovechar residuos de la construcción y sedimentos de lagunas para producir ladrillos artesanales.

La obtención de materia prima para la industria del ladrillo trae muchas implicaciones ambientales y la construcción genera importantes cantidades de residuos, que se producen a expensas de las tareas de nivelación y limpieza del terreno, demolición de estructuras existentes y construcción de nuevos.

Esta minería de suelos explota un recurso difícilmente renovable, ya que el tiempo de formación del suelo es de aproximadamente 10 mil años, además para la elaboración de los ladrillos comunes se utilizan los mismos suelos productivos que utiliza la agricultura.

Desde que comenzaron con este estudio experimental, en 2008, lograron fabricar modelos de ladrillos en escala; es decir, no tienen el tamaño de un ladrillo común, pero se le hacen pruebas como un ladrillo común para la construcción. “Se les

somete a presión, corte, impregnación de agua, congelamiento y toda una serie de ensayos que marcan las normas internacionales”

Por otro lado dos empresas importantes a nivel nacional “Rassini Frenos y Procter & Gamble” como consecuencia de sus altas ventas, están preocupadas por encontrar un adecuado uso a los residuos que generan, principalmente:

- Rassini Frenos (arenas sílicas para moldes de frenos), el desecho de las arenas es de 1000 a 1500 Ton mensuales, pese a que no son considerados tóxicos, no dejan de presentar un problema para el ambiente por su volumen.
- Procter & Gamble (Papel higiénico y servilletas), para las cuales hace uso de fibra virgen y reciclada, provocando esto una cantidad determinada de pulpa no útil. La cantidad de desechos es de aproximadamente unas 200 Toneladas diarias.

Así que en un esfuerzo de investigación se requiere dar un fin útil a estos desechos. Los objetivos a alcanzar son: verificar el uso del lodo como complemento de en tierras de cultivo, generar ladrillos de tipo artesanal mezclando ambos residuos y crear tabla-roca usando lodos y aglutinantes.

Se determinó que los lodos de la fábrica de papel pueden ser utilizados en algunos materiales de construcción como son: tabla-roca y ladrillos. Según investigaciones del maestro Ángel Gutiérrez, el material de la empresa Rassini Frenos determina la capacidad de uso de arena sílica # 2 en el proceso de fabricación de ladrillos.

Por medio del proceso experimental se logró determinar que para la fabricación de ladrillos artesanales la mezcla recomendada contiene 14% de arena sílica y 6% de lodo, siendo arcilla el 80% restante.

Para la fabricación de tabla-roca se concluyó que el uso de lodo es adecuado pues proporciona características de rigidez, sin embargo por su alto contenido de celulosa tiende a absorber mucha humedad, así como inflamable a elevadas temperaturas. Debido a lo anterior se hace necesario hacer una mezcla de aglutinantes obteniendo resultados satisfactorios al combinar yeso y cemento en una proporción lodo aglutinante de 3:1. Sin embargo estas mezclas no deben utilizarse en intemperie, pues su capacidad para absorber agua debilita su estructura.

Observaciones: en ambos productos (arena sílica y lodos) se encuentran compuestos de calcio, sílice, alúmina, los cuáles son los principales componentes del cemento.

Aún continúan las investigaciones para obtener buenas características de materiales en la construcción y artesanal, pues mientras son favorables para determinadas características para otras no lo son. Así que se debe encontrar un equilibrio tanto en mezcla como en costos.

## 5.4 Resultados del cálculo de generación de RCyD

En un mundo globalizado la tecnología es imprescindible en la vida cotidiana. Los datos estadísticos mostrados en este trabajo (generación de residuos) -a excepción de la población futura en el Valle de México- son resultados de censos realizados por el INEGI, CONAFOVI.

**Para el cálculo de Generación de RCyD en 2030** se tomaron los siguientes datos:

*obra nueva genera 200 kg/m<sup>2</sup>* Fuente: Castells, 2000

$P_{2030} = 22 * 10^6$  (*hab*) Fuente: Capella, 2000

*7.5 casas por cada 1,000 (hab)* Fuente: CONAFOVI

*Sup.promedio casa: 110m<sup>2</sup>*

$$R_T = \frac{[22 * 10^6(\text{hab})] * [7.5/1000(\text{hab})] * [110\text{m}^2] * [200 \text{kg}/\text{m}^2]}{1000} = 3.63 * 10^6(\text{Ton})$$

Se estima un peso volumétrico 1.5 ton/m<sup>3</sup>

$$Vol_{Total} = 3.33 * 1.5 = 5.445 * 10^6(\text{m}^3)$$

$$Vol_{Estadio Azteca} = 2.077 * 10^6[\text{m}^3]$$

### Para el cálculo de RCyD (metales)

Los RCyD en México alcanzan 462,689 toneladas de acero y aluminio de las cuales 277,608 son de este último metal (INE, UNAM). En México habitamos 112,336,538 personas (INEGI, 2010); lo que hace una generación per cápita de 4.118 (kg/hab). Ahora si en 2030 habitaremos  $22 * 10^6$  (*hab*) en el centro del país; se tendrán residuos de acero y aluminio por 90,596 Toneladas.

$$Generación_{Ac.y alum.} = \frac{462,689 * 10^3 (\text{kg})}{112,336,538 (\text{hab})} = 4.118 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{hab}} \right]$$

En 2030 los residuos por acero y aluminio en el centro del país serán de:

$$T_C = [22 * 10^6(\text{hab})] * 4.118 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{hab}} \right] = 90,596 (\text{Ton})$$

# **CAPÍTULO**

# **6**

# **CONCLUSIONES**

## **Conclusiones sobre la generación, normas y programas de RCyD**

La importancia de mostrar estadísticas de generación, no solo en el ámbito de RCyD sino también en RSM y las cifras que del total reciclamos nos muestran con claridad que tanto aprovechamos estos residuos destacamos los siguientes puntos:

- **Crecimiento:** El mayor crecimiento de población está centralizado en la zona centro del país, y es aquí donde se generan la mayor cantidad de RCyD. La confianza en los datos estadísticos fidedignos nos permitirá tener un mejor manejo de los RCyD, esto es que cada comunidad, cada estado tenga una herramienta en estos datos para el reaprovechamiento de estos residuos que no son pocos.
- **Programas:** La falta de planes adecuados para el manejo de RCyD así como la falta de programas de información, desfavorecen la creación de una buena estructura de mercado como lo señala la OCDE en su informe 2008. La mayor fuente de información para los mexicanos aún es la TV y en ésta es muy rara y escasa la información sobre un buen manejo de los residuos.
- **Construcción:** La construcción inevitablemente genera RCyD y no solo en vivienda sino en infraestructura también. La creación de más plantas de tratamiento de RCyD en el centro del país es indispensable, las estadísticas de construcción de vivienda y su crecimiento en menos de diez años (ver 3.4.1), el crecimiento de la población y su proyección al año 2030 (ver 2.2).
- **Falta de Espacios:** El único Relleno Sanitario en el DF “Bordo Poniente” en diciembre de 2011 fué clausurado. Esto nos obligará a la creación de nuevas plantas de tratamiento.
- **Leyes:** España tiene todo un plan integral de RCyD llamado PNRCD (Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición) en México la LGEEPA encierra de manera general estos residuos. La NADF aunque señala el tratamiento y clasificación de los RCyD no es una ley integral.

## **Conclusiones sobre el Manejo de los RCyD**

Uno de los principales problemas en el manejo de RCyD es su volumen y también para la mayoría de las personas estos carecen de todo valor económico. Cotidianamente diversos espacios en la ciudad son aprovechados para abandonar no solo RCyD sino también toda clase de residuos. Dónde más se observa este problema es en las zonas de escasos recursos económicos; por otro lado solo existe una planta de Tratamiento de RCyD en el oriente de la ciudad y ella tiene una capacidad de procesamiento de 1,000 Ton/día. Esta planta separa y clasifica estos residuos y los transforma en materiales reutilizables (ver 3.6.2)

- Clasificación: la NADF ofrece una clasificación a grandes rasgos de este tipo de residuos, pero cada obra tiene una particularidad que obliga a diversificar los RCyD. Por ello, una clasificación de acuerdo al tipo de obra es necesaria ya sea tanto en obras de gran magnitud como en obras particulares y de vivienda pequeñas.
- Infraestructura para tratamiento: el crecimiento de población y demanda de vivienda (ver 2.2) así como de servicios, hace imposible que solo una planta de tratamiento pueda salir adelante en la tarea. Es necesaria la creación de plantas ya sea móviles y fijas en puntos estratégicos de la ciudad y zona conurbada, así como en las zonas centrales del país. En este trabajo solo se alude a los residuos generados por construcción de vivienda que son bastante considerables.
- Economía: el desarrollo de un país también se mide en el grado que tenga de infraestructura y de los servicios a la población. En una nación en desarrollo como México, no podemos dejar de lado que este problema (generación de RCyD) con el paso de los años siga creciendo; depende en gran medida y para que la economía genere más empleos, que se hagan planes de tratamiento, que se creen plantas de tratamiento de RCyD, que se elaboren manuales de manejo de los residuos a escala industrial y de vivienda particular. Toda esta información nos permitirá aunar mejor a la economía un nuevo mercado responsable y comprometido con el ambiente y crecimiento económico.
- Plan estratégico: la dinámica de crecimiento en la población, crecimiento económico, estadísticas de generación son los ejes principales de un Plan Estratégico de Tratamiento de RCyD. Los datos obtenidos en este trabajo arrojan, tan solo en construcción de vivienda, que generaremos  $3.63 * 10^6 (Ton)$  para el año 2030. Por si esto fuera poco, el volumen total de estos residuos:  
 $V_T = 3.33 * 1.5 = 5.445 * 10^6 (m^3)$  y es equivalente a llenar 2.6 veces el Estadio Azteca.

Con la planta actual de Concretos Reciclados trabajando 365 días al año solo alcanzaría a procesar 365,000 Ton/año. Solo se procesaría el 10% de RCyD generados.

### **Conclusiones acerca de la reutilización de los RCyD, su inserción en lo económico**

Todo lo que concierne a temas ambientales, de salud pública, reciclaje, etc., hasta hoy no se le ha dado la importancia que en realidad se merece. El caso de reciclaje de los RCyD no es excepción. El concepto de REUTILIZACIÓN es vital en la creación de una sólida estructura en el mercado, pues en la medida que se logre un buen aprovechamiento de los residuos, el resultado será una sólida

estructura en el mercado. La figura 6.1 muestra el ciclo ideal para la base estructural de mercado en el reciclaje.

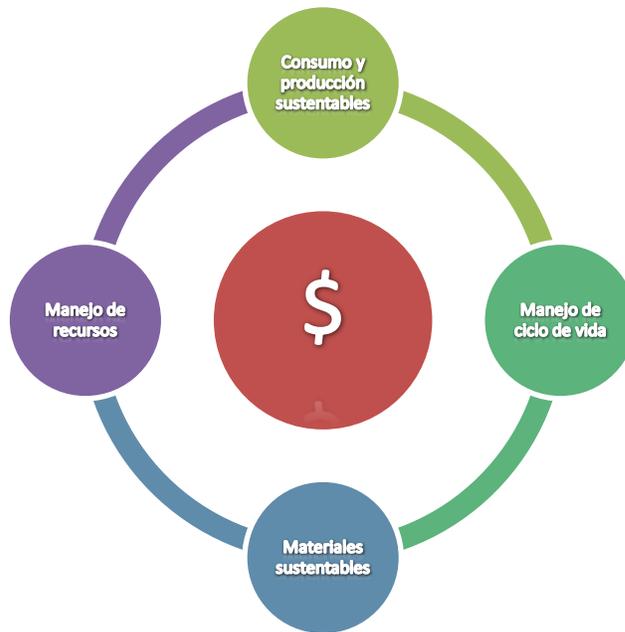


Figura 6.1 Ciclo Económico de los RCyD.

1. Evidentemente el primer punto nos habla de equilibrio.
2. El segundo punto el conocimiento de la durabilidad de los materiales en la construcción.
3. El tipo de material y cuál es su comportamiento en el medio ambiente.
4. La administración de lo que es rentable en el reciclaje, no todos los materiales obviamente tendrán un valor. Pero los materiales como el acero son de los más redituables.

Los casos específicos de Concretos Reciclados (RCyD) y de Tech-Bio (RSM) son la base apenas incipiente de un mercado con gran oportunidad.

Es importante destacar que “Datos de la UNAM aseguran que en México se consumen 462 mil 689 toneladas de acero y aluminio de las cuales 277 mil 608 son de este último metal, y este reciclado es poco explotado”. También se destaca que “No existen en nuestro país, datos, estudios o programas específicos o actualizados sobre recolección, destino y reciclaje de ese metal. Mientras EUA cuenta con el Instituto de Reciclaje de Acero (Steel Recycling Institute). El reciclaje del acero alcanza un 85% (lo que equivale a cerca de 18.2 millones de toneladas de las 21.4 millones generadas en EUA).

### **Conclusión acerca del Reaprovechamiento del Bordo Poniente**

- Del transporte de residuos sólidos de la construcción y demolición: Un gran problema se observa en los costos tanto por el traslado de los desechos

hasta el relleno sanitario y la planta de tratamiento, como por el cobro para recepción en el mismo sitio, lo que implica que muchos de estos residuos no sean depositados adecuadamente en el vertedero o planta de tratamiento, ya que todas aquellas personas o empresas implicadas en la cadena generadora, ven la forma más fácil y económica para que éstos sean abandonados en lugares clandestinos. (Ver Anexo A5)

La explotación del Relleno Sanitario Bordo Poniente, sea en la extracción de gas como en la extracción de residuos, es una excelente opción. Tan solo los datos de la figura 5.30, arrojan que la mitad del total de todos los residuos acumulados son sólidos, es decir, RCyD y plásticos, alrededor de 35 millones de toneladas.

Una planta de tratamiento de RCyD sería una excelente opción para aprovechar las miles de Toneladas de Residuos que llegaron al Bordo en los años que estuvo en servicio, y las 1060 Toneladas que se calculan se producen actualmente en la ciudad.

“El saneamiento y plan ambiental que deberá seguirse para el depósito de basura Bordo Poniente, el cual cerró sus puertas el 19 de diciembre de 2011, quedará en manos de la empresa ganadora de una licitación internacional que podría estar lista a partir del 16 de enero. Recolectar y llevar la basura de la ciudad de México a sitios de disposición final en el Estado de México le cuesta al gobierno local 40% más de lo que se destinaba cuando la basura terminaba en el relleno sanitario Bordo Poniente. La suma de los gastos totales de recolección y disposición final de la basura en tiempos del Bordo Poniente ascendía a \$2,918 millones de pesos al año. Este gasto se pretende recuperar una vez que la planta de biogás planeada para obtener energía de las emisiones generadas de la basura en Bordo Poniente comience a generar electricidad, lo que implicaría un ahorro “significativo” para la capital.” (Fuente: El Economista 16/01/2012)

## **Conclusiones Generales**

Al crear una estructura sustentable del manejo adecuado de los RCyD, la población se beneficia en diferentes aspectos:

Salud pública

Distintas maneras de ingreso y oportunidades

Mejor ambiente.

Prolongación de la vida útil de los espacios de disposición final. Al reducirse la cantidad de RCyD dispuestos en el relleno sanitario, la vida útil de este lugar se incrementará, garantizando, que el vertido de residuos sólidos urbanos se deposite en los espacios que quedan disponibles.

Como se mostró en las gráficas del capítulo 1 es necesario y urgente reciclar más Residuos.

1. Estos residuos al ser reciclados no quedan como desechos, sino que se incorporan de nuevo al ciclo de la industria de la construcción, ya que pueden ser aprovechados en diversas actividades constructivas y benefician económicamente a todas aquellas empresas que decidan consumirlos, por ser más baratos que los agregados vírgenes.
  2. Por otro lado, al hacer la comparativa entre impactos ambientales negativos producidos durante el proceso de explotación de agregados vírgenes y el proceso para la elaboración de agregados reciclados, éstos últimos poseen un número significativamente menor que los primeros, haciendo más factible su uso en el aspecto ambiental.
  3. Conservación de bancos de materiales: Al sustituir a los agregados reciclados por los vírgenes, se preservan los espacios naturales por la reducción en la explotación de recursos minerales. Así como la explotación de suelos para la elaboración de tabiques, cabe recalcar que el suelo tarda miles de años en formarse.
  4. Se debe contar con más plantas móviles de tratamientos de RCyD mientras la infraestructura del país siga creciendo. Como se vio en el Capítulo 2 de este trabajo la construcción de viviendas ha aumentado 175% desde 1998 a 2008. El presente sexenio también se ha caracterizado por un “Impulso a Infraestructura” en cuanto a plantas de tratamiento de Aguas Residuales, carreteras, refinería, etc., deben contar con plantas móviles de Tratamiento para RCyD.
- Del reaprovechamiento de residuos sólidos de la construcción y demolición: Se debe dar más apoyo y alentar la investigación en universidades y empresas que estén interesadas en un uso eficiente de los residuos para entender las características de estos, y así dar un uso responsable de los mismos.
  - De la reutilización y reciclaje de residuos sólidos de la construcción y demolición: Se debe hacer obligatorio de una demolición selectiva, así

Reúso de Residuos Construcción y Demolición. Enfoque Ambiental y Sustentable.

como su valorización a conciencia si es el caso. (Ver Capítulo 3.4 y el Anexo A2)

El incremento acelerado de la generación de residuos sólidos y la gran diversidad de materiales que los componen demandan una mayor cobertura del sistema, así como nuevas alternativas de tratamiento y nuevos equipos y tecnología con la finalidad de establecer sistemas de manejo, control y aprovechamiento que resguarden la calidad de vida de la población.

# **CAPÍTULO**

# **7**

# **RECOMENDACIONES**

## 7.1 Recomendaciones Generales

- De la reutilización y reciclaje de residuos sólidos de la construcción y demolición: Se debe hacer obligatorio de una demolición selectiva, así como su valorización, a conciencia si es el caso. (Ver Capítulo 3 y anexo A4)
- De la normativa: Sujetándose a la normatividad establecida, el primer paso para el desarrollo de un estudio de generación es la planeación de las actividades de gabinete y campo, determinando el tamaño de la muestra representativa que estará en función del nivel de confianza que se desea obtener.
- Analizar en dónde se pueden construir nuevas plantas de tratamiento de RCyD de acuerdo a estudios estadísticos en el centro del país. De acuerdo a ello se tendrá la infraestructura necesaria para el tratamiento de los residuos.
- Es importante insistir en la de elaboración manuales sencillos (sean electrónicos o trípticos de consulta) para toda la población que genere en la construcción de sus viviendas o remodelación los RCyD. (Ver anexo A6)
- Demolición selectiva en edificaciones. (Ver anexo A4)

## Bibliografía

- [1] Cortinas, Cristina. 2008. Retos y Oportunidades de la Recuperación de Materiales. 33pp.
- [2] SEDESOL, 2009. Manual técnico sobre generación, recolección y transferencia de residuos sólidos municipales. 145pp.
- [3] Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda (CONAFOVI), 2004. Estadística de vivienda 2004.
- [4] Röben, Eva; 2002; Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales.; DED/ Ilustre Municipalidad de Loja Perú. 151pp.
- [5] Greenpeace Argentina, 2008. Resumen de los Impactos Ambientales sobre la Salud humana de los Rellenos Sanitarios. 14pp.
- [6] Asenjo Dorado, M. Ángeles, España 2008, Los residuos de construcción y demolición; 9o. Congreso Nacional de Medio Ambiente; Confederación Nacional de la Construcción. 23pp.
- [7] PNIR 2007-2015, España. Plan Nacional Integrado de Residuos. Edita: Gobierno de España. Anexo 6, 54pp.
- [8] Alvarez Urueña, Mario; Colombia Septiembre de 2002. Directorio Ecológico y Natural "Construir con desechos" Referencia en página electrónica.
- [9] Vega Azamar, Ricardo E.; México 2001; Reciclaje y reaprovechamiento de los residuos de la construcción y demolición. Tesis Maestría UNAM, Facultad de Ingeniería. 90pp.
- [10] Latinoamericana de Concretos, Memoria Técnica 2008:
  - Block de Concreto: Elemento constructivo sustentable. ANPROBLOCK. 41pp.
- [11] CONAE, 2008. Sustentabilidad energética en la vivienda
- [12] Bárcenas R. Heriberto, Morales R. José, González C. Luis, 1998, Bordo Poniente, un relleno sanitario ¿reutilizable?, Ingeniería para el Control de Residuos de Residuos Municipales e Industriales, S.A. de C.V. (INCREMI, S.A. DE C.V.). 12pp.
- [13] Tech-Bio, México 2009, Programa Integral para la Construcción de una Planta Prototipo de Transformación de Residuos Sólidos Domiciliarios dentro de la Planta de Transferencia Concesionada a Promotora Ambiental de Cuernavaca. 25pp.
- [14] Rojas Valencia, María. Gallardo B. José, Marín M. Sergio. noviembre 2010-mayo 2011. Exploración del riesgo ambiental por construcción de un túnel en un

suelo contaminado con residuos sólidos, estrategias de manejo y retiro adecuado de los residuos de excavación. Instituto de Ingeniería UNAM No. de proyecto 0366. 83pp.

- [15] Fernández, Alonso, Lecea C. Alodia, Camba P. Maite, España, 2006. Guía de buenas prácticas ambientales. Edita: Construcción de edificios, Fundación Biodiversidad, Fondo Social Europeo. Fundación Centro de Recursos Ambientales de Navarra. 20pp.
- [16] Baño Nueva, Antonio. Escalera del Pozo, Alberto, 2005, Guía de la Construcción Sostenible. Edita: Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS). 65pp.
- [17] Tchobanoglous, G.; 1993, Integrated Solid Waste Management; Mc Graw Hill
- [18] Arenas Cabello, Francisco J. Los materiales de construcción y el medio ambiente. Referencia en página electrónica.
- [19] Sedesol; México, 1997. Indicadores básicos y Manual de evaluación para relleno sanitario. Instituto Nacional de Ecología, Semarnap/Asociación Mexicana para el Control de los Residuos Sólidos y Peligrosos, A. C. 90 pp.
- [20] SEDESOL, 2008. Impactos Ambientales de los Desechos Urbanos. Jornadas hacia un desarrollo habitacional sustentable. 28pp.
- [21] Rivera Valdovinos, Claudia; 2008; Análisis ambiental para el Mercado de los Residuos de la Construcción en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Tesis de Maestría, UNAM. 176pp.
- [22] Pérez Ramos, Yumani; 2006; Reciclaje Arquitectónico. Vivienda y comercio en la colonia Atlampa. Tesis UNAM. 195pp.
- [23] Ley de Residuos Sólidos para el Distrito Federal (LRSDF); 2003; Gaceta Oficial del DF.
- [24] Norma Ambiental del Distrito Federal 2004 (NADF, 2004), 2004, Gaceta Oficial del DF.
- [25] Capella Vizcaíno, Antonio; México, 2000. Abastecimiento de agua a la zona metropolitana del Valle de México. 68pp.

## Mesografía

- Eco- Portal.NET, Tema Especial: basura y residuos, julio 2011.

<http://www.ecoport.net/articulos/construir.htm>

- Página de la Planta Recicladora de Concretos Reciclados, julio, 2011.

[www.concretosreciclados.com.mx](http://www.concretosreciclados.com.mx)

- Cuarto Informe de Gobierno, (Anexo Estadístico), 4 de octubre de 2010.

[www.informe.gob.mx](http://www.informe.gob.mx)

- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, 2010.

[www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx)

- Página de la Dra. Cristina Cortinas

<http://www.cristinacortinas.net/>

- SEMARNAT. SNIARN. Base de datos estadísticos, Módulo de consulta temática, Dimensión ambiental, 2010.

[www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx)

- Diario: El Economista enero de 2012.

[www.eleconomista.com.mx](http://www.eleconomista.com.mx)

- Gobierno del Estado de México, Desarrollo Urbano.

[www.edomex.gob.mx/](http://www.edomex.gob.mx/)

- Uso de lodo de papel y arena sílica de frenos para la fabricación de ladrillo artesanal y de tablaroca.

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/leip/villarreal\\_j\\_la/capitulo8.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/leip/villarreal_j_la/capitulo8.pdf)

- Construir con desechos, agosto 2011.

<http://www.arquitectura.com/arquitectura/monografias/deshechos/deshechos.asp>

- Los materiales de construcción y el medio ambiente, agosto 2011.

[http://huespedes.cica.es/aliens/gimadus/17/03\\_materiales.html](http://huespedes.cica.es/aliens/gimadus/17/03_materiales.html)

# ANEXOS

# A1

## NOM Tratamiento de Residuos

Características cualitativas y cuantitativas intrínsecas de los residuos.

Para un conocimiento específico de las características cuantitativas y cualitativas que identifican a los residuos sólidos de cada fuente generadora, se han desarrollado una serie de estudios de generación con base en la siguiente normatividad:

**NOM-AA-61-1985** Determinación de la generación

**NOM-AA-15-1985** Método de cuarteo

**NOM-AA-19-1985** Determinación de la composición física

**NOM-AA-22-1985** Determinación del peso volumétrico in situ

Para determinar la generación per capita de los residuos sólidos provenientes de casa habitación y de otro tipo de fuentes, excepto las industriales, se ha de emplear la NOM-AA-61-1985. Asimismo, se podrán aplicar programas intensivos de taras y pesajes para conocer los tonelajes de basura que se generen de fuentes no domésticas.

Posteriormente, se identifican las áreas (por estratos socioeconómicos) en que se hará el muestreo y, paralelamente a esta actividad, se integran las cuadrillas necesarias de personal que se emplearán durante el periodo del estudio, en el que se recolectarán las muestras diariamente durante ocho días continuos para ser trasladadas al área de cuarteo (NOM-AA-15-1985). Dentro de la norma se hace la aclaración que se parte de un muestreo estadístico aleatorio descrito en el método de cuarteo, éste tiene como objetivo contar con residuos de características homogéneas, tomando los residuos sólidos resultados del estudio de generación. Una vez registrados los datos se procede a determinar el peso volumétrico in situ (NOM-AA-22-1985).

Para determinar el peso volumétrico de cualquier fuente, exceptuando la industrial, se pesan todos los residuos recolectados.

La composición de los residuos sólidos se determina mediante las normas NOM-AA-15-1985 y NOM-AA-22-1985 (selección y cuantificación de subproductos)

## A 1.1

### **NOM Sobre Eficiencia Energética en Edificaciones.**

NOM-008-ENER, Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales. Esta Norma limita la ganancia de calor de las edificaciones a través de su envolvente, con objeto de racionalizar el uso de la energía en los sistemas de enfriamiento.

ANTEPROY-NOM-020-ENER, Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios para uso habitacional.

NOM-017-ENER-1997, Eficiencia energética de lámparas fluorescentes compactas.

Algunas notas sobresalientes, sobre el ahorro de energía en la edificación, son las siguientes:

- No existen suficientes unidades verificadoras para todos los proyectos de edificación.
- Los edificios se construyen de manera dispersa y es difícil verificar su eficiencia a lo largo de todas las etapas de construcción.
- Lo que se tiene que normar son los productos específicos que se utilizan en la construcción como son aislantes y concretos.

Otras NOM de interés:

NMX-AA-015-1985: Protección al ambiente - Contaminación del Suelo - Residuos Sólidos Municipales - Muestreo - Método de cuarteo.

NMX-AA-019-1985: Protección al ambiente - Contaminación del Suelo - Residuos Sólidos Municipales - Peso Volumétrico in situ.

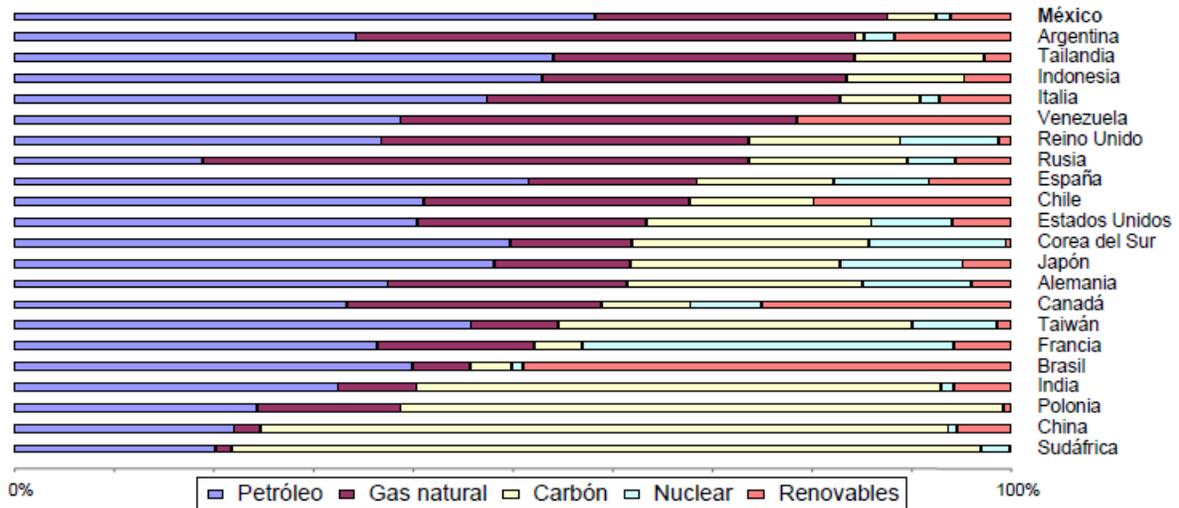
NMX-AA-022-1985: Protección al Ambiente - Contaminación del Suelo – Residuos Sólidos Municipales - Selección y Cuantificación de Subproductos.

NMX-AA-61-1985: Protección al Ambiente - Contaminación del Suelo - Residuos Sólidos Municipales - Determinación de la Generación.

La información que se obtiene como resultado de este estudio permitirá optimizar y mejorar el desempeño de cada una de las etapas que comprende el manejo integral de residuos: reducción en la fuente, separación, reutilización, limpieza o barrido, acopio, recolección, almacenamiento, traslado o transportación, reciclaje, co-procesamiento, tratamiento, disposición final

## A.2 Sustentabilidad Energética en la Vivienda

Participación de fuentes de energía en la oferta primaria de energía en diversos países. [11]



Fuente: CONAE, Programa Jornadas Hacia un Desarrollo Sustentable.  
Mesa Infraestructura 2008

Los combustibles fósiles continúan siendo la principal fuente de energía (80% de la energía comercializada a nivel mundial)

## A3

### Mapa Geográfico de Generación per-capita de Residuos [20]



Fuente: SEDESOL, 2008. Impactos Ambientales de los Desechos Urbanos

## A4

### Aspectos importantes en la demolición selectiva

[15]

#### DEMOLICIÓN.

ASPECTO	SUGERENCIA
Proyecto técnico de derribo	<p>Elaboración de un proyecto técnico acorde con la normativa vigente. Además se contemplarán, entre otros aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Caracterización de residuos previstos.</li> <li>- Estimación de la masa y volumen de los residuos originados en las operaciones de demolición y excavación.</li> <li>- Operaciones de separación y recogida selectiva proyectadas.</li> <li>- Pautas a seguir para evitar la mezcla de los residuos inertes con los peligrosos.</li> <li>- Posibilidades de reutilización de residuos en la propia obra.</li> <li>- Ubicación de instalaciones para la reutilización de los residuos.</li> </ul>
Demolición selectiva	<p>Empleo de técnicas que tienen como resultado un mayor cuidado ambiental y la posibilidad de reutilizar materiales, elementos e instalaciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El proceso se organizaría de forma inversa al de construcción, en las siguientes fases:</li> </ul> <p>-Retirada de los desechos y los elementos de decoración no fijos, desmantelado ordenado de carpinterías, aparatos sanitarios e instalaciones de calefacción, climatización, fontanería, electricidad, etc., elementos exteriores, falsos techos y revestimientos recuperables; desmontado de tejados, cubiertas y divisiones interiores; demolición controlada de la estructura, por corte de los distintos elementos.</p>

<p>Manejo de Residuo procedentes del derribo</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observar las mismas pautas propuestas para el manejo de los residuos en la fase de puesta en obra.</li> <li>• Gestionar los desechos a través de bolsas de subproductos y sistemas de gestión apropiados para lograr una adecuada valorización.</li> </ul>
<p>Reutilizables</p>	<p>Potenciar la reutilización en obras propias o a través de bolsas de subproductos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Son potencialmente reutilizables:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estructura: vigas y pilares y elementos prefabricados de hormigón.</li> <li>- Fachadas: puertas, ventanas, revestimientos de piedra, revestimientos de paneles ligeros, elementos prefabricados de hormigón.</li> <li>- Cubiertas: tejas, soleras prefabricadas, estructuras ligeras de soporte de soleras, lucernarios y claraboyas, chapas, tableros.</li> <li>- Divisiones interiores: mamparas, tabiques, barandillas, puertas, ventanas.</li> <li>- Acabados interiores: cielos rasos, pavimentos superpuestos y flotantes, revestimientos verticales, elementos de decoración, perfiles y piezas de acabado.</li> <li>- Instalaciones: maquinaria de climatización, radiadores y otros aparatos acondicionadores, mobiliario fijo de cocina, mobiliario fijo de aseos, ascensores.</li> </ul> </li> </ul>

Reúso de Residuos de Construcción y Demolición. Enfoque Ambiental y Sustentable.

Reciclado	<p>Incorporar, en lo posible los materiales en la propia obra y en cualquier caso gestionar los desechos y residuos de forma que se garantice su reciclado. Podrían reciclarse:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Materiales pétreos como concreto en masa, armado o pre comprimido, obra de fábrica cerámica o de otros materiales, piedra natural, gravas y arenas, vidrio.</li><li>- Materiales metálicos como, plomo, cobre, hierro, acero, fundición, cinc, aluminio, etc.</li><li>- Plásticos. Madera. Asfaltos, neopreno y cauchos.</li></ul>
Otros impactos	<p>Minimizar el impacto: ruido, vibraciones, polvo, fugas de agua limpia y residual, recogida de todo tipo de residuos en especial los peligrosos, etc.</p>

## A5

### Aspectos importantes en la Excavación y transporte de los RCyD [15]

#### EXCAVACIÓN y TRANSPORTE

ASPECTO	SUGERENCIA
Excavación	<ul style="list-style-type: none"><li>• Separar las tierras que se muevan en función de sus posibles aplicaciones</li><li>• Si se prevé reutilizar la tierra fértil, hacer acopios en superficies horizontales en montones de no más de 2 metros de altura y sembrar la superficie para evitar erosión y mineralización. El acopio se hará sin compactación y se evitará el tránsito de maquinaria encima del mismo.</li></ul>
Transporte	<ul style="list-style-type: none"><li>• Usar vehículos de bajo consumo y bajas emisiones de CO2.</li><li>• Cuidar el mantenimiento de los vehículos.</li><li>• Mantener las vías de obra en condiciones y con riegos periódicos para evitar la emisión de polvo y la suciedad de la zona.</li><li>• Optimizar los desplazamientos ajustar las cargas a la capacidad del vehículo y utilizar la ruta que permita una conducción eficiente.</li><li>• Evitar mezclar materiales para reducir la generación de residuos.</li><li>• Proteger las cargas con lonas y sujeciones.</li></ul>
Ocupación del espacio	<ul style="list-style-type: none"><li>• Reducir al mínimo la ocupación de terreno por los acopios de materiales.</li><li>• Evitar la ocupación de zonas ambientalmente valiosas.</li></ul>

Tierras y escombros	<p>Contactar con el Ayuntamiento correspondiente para conocer los vertederos autorizados en los que se puede realizar el libramiento de tierras y escombros.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Está prohibida la evacuación de toda clase de residuos orgánicos mezclados con las tierras y escombros, y en general de todo aquello que pueda producir daños a terceros, al medio ambiente o a la higiene pública.</li><li>- Los vehículos que efectúen el transporte de tierras y escombros lo harán en las debidas condiciones para evitar el vertido accidental de su contenido, adoptando las precauciones necesarias para impedir que se ensucie la vía pública.</li></ul>
---------------------	---

## **A6**

### **Aspectos importantes en la gestión de RCyD en viviendas**

**[15]**

Gestión de Viviendas.

ASPECTO	SUGERENCIA
Viviendas	<ul style="list-style-type: none"><li>• Entregar un manual de uso de las viviendas orientado a lograr viviendas sanas con una elevada calidad ambiental interior, con un uso eficiente de los recursos, una reducción en la generación de desechos y una adecuada gestión de los residuos.</li> <li>• En el manual se aportaría información sobre los sistemas instalados y sobre el uso adecuado de instalaciones y aparatos para conseguir que el comportamiento de los ocupantes contribuyera a los fines previstos.</li></ul>

<p>Gestión.</p>	<p>Algunas sugerencias a incorporar serian entre otras:</p> <p><b>Gestión de agua:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Referencias orientadas a usar la menor cantidad de agua posible, y a reducir la contaminación del agua eliminando el vertido de comidas y aceites por el fregadero.</li></ul> <p><b>Consumo de energía:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Hacer un uso eficiente de todo tipo de energía en:</li></ul> <p>Iluminación, calefacción y refrigeración, cocina, lavadoras y lavavajillas.</p> <p><b>Gestión de residuos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Manejar los residuos de forma que se eviten daños ambientales y a la salud de las personas: Informándose de las características de los residuos y de los requisitos para su correcta gestión separándolos correctamente, depositándolos en los contenedores determinados para ello.</li></ul> <p><b>Elementos constructivos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Elaborar planes de mantenimiento de los edificios y de los espacios exteriores.</li></ul> <p>Estos abarcarían tanto la jardinería como la reposición de pavimentos y de equipamientos.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Garantizar que se hace llegar a los usuarios información sobre los materiales utilizados y los planes de mantenimiento a desarrollar.</li></ul>
-----------------	---

Las propuestas incluidas en esta guía parten de un enfoque preventivo en la gestión medioambiental, Guía de buenas prácticas ambientales. Construcción de edificios, incidiendo desde la planificación inicial hasta la fase de vida útil de la edificación, de forma que se propicie una mejora ambiental en todo el proceso.