



# UNIVERSIDAD VILLA RICA

---

---

ESTUDIOS INCORPORADOS A LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

“APLICACIÓN DE MATERIAL RECICLADO EN LA  
CONSTRUCCIÓN”

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERA CIVIL**

PRESENTA:

**EDITH DÍAZ CAMACHO**

**Director de Tesis:**

ING. JUAN SISQUELLA MORANTE

**Revisor de Tesis:**

ING. JORGE ANTONIO MIRANDA MORENO

BOCA DEL RÍO, VER.

JUNIO 2013



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTOS**

Le doy gracias a Dios por haberme permitido culminar mis estudios, por darme vida, salud y la oportunidad de conocer a muchas personas que se han convertido en parte importante de mi vida y de las cuales he aprendido mucho.

Gracias Papá por todo ese amor que me has brindado, por tu apoyo incondicional, por confiar en mí, y por procurar que siempre tuviera todo lo necesario para llegar a ser una persona de bien.

Gracias Mamá por tu amor y tus consejos, porque me han sido muy útiles a la hora de tomar decisiones, gracias a ello he alcanzado mis metas y siempre me he mantenido firme en mi camino.

A mi familia que siempre están apoyándome y alentándome para salir adelante, principalmente a mis tíos Samuel y Silvia que me brindaron un hogar mientras estudiaba.

A mis amigos que siempre están cuando los necesito, y me hacen ver la realidad de las cosas.

A mis maestros por el tiempo que dedicaron enseñándome lo necesario para convertirme en profesionalista, de cada uno me llevo algo y estoy muy agradecida porque parte de lo que soy ahora se lo debo a ellos.

A todas aquellas personas que creen en mí, en especial a Javier por toda su atención, sus palabras de aliento y los consejos que me ayudaron a salir adelante.

De corazón muchas gracias, y quiero decirles a todos ustedes que no los voy a defraudar y seguiré adelante luchando hasta conseguir todas mis metas. Esto es por mí y para ustedes.

## ÍNDICE

	<b>Págs.</b>
<b>INTRODUCCIÓN.</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1. METODOLOGÍA.</b>	<b>4</b>
<b>1.1. Planteamiento del Problema.</b>	<b>4</b>
<b>1.2. Justificación.</b>	<b>4</b>
<b>1.3. Objetivos.</b>	<b>5</b>
<b>1.4. Hipótesis.</b>	<b>5</b>
<b>1.5. Tipo de Estudio.</b>	<b>5</b>
<b>1.6. Alcance.</b>	<b>6</b>
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.</b>	<b>7</b>
<b>2.1 Reciclaje de Materiales de Construcción.</b>	<b>7</b>
<b>2.1.1 Legislación Vigente sobre Gestión y Reciclaje de Residuos</b>	
<b>Sólidos.</b>	<b>11</b>

2.1.1.1 Legislación Ambiental Vigente en Materia de Residuos Sólidos.	12
2.1.1.2 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGP y GIR).	17
2.1.1.3 Ley de Residuos Sólidos para el Distrito Federal (LRSDF).	22
2.1.2 Normas Oficiales Mexicanas en Materia de Manejo de Residuos de la Construcción.	27
2.1.2.1 Clasificación de los Residuos de la Construcción.	30
2.1.2.2 Aprovechamiento de los Residuos de la Construcción.	33
2.2 Normativa Internacional en Materia de Manejo de Residuos de Construcción.	35
2.2.1 Alemania.	35
2.2.2 Reino Unido.	36
2.2.3 Francia.	37
2.2.4 Italia.	37
2.2.5 Holanda.	37
2.2.6 Suecia.	38
2.3 Procesamiento de Residuos de Construcción y Demolición. Plan de Manejo de Residuos de Construcción y Demolición en el Lugar de Edificación.	39
2.3.1 Procesado de Residuos de Construcción y Demolición.	48
2.3.2 Plan de Manejo de Residuos de Construcción y Demolición en el Lugar de Edificación.	50

2.3.2.1 Beneficios de un Plan de Manejo de Residuos.	51
2.4 Reutilización de los Residuos en la Construcción.	54
2.4.1 Utilización de los Residuos de Concreto.	54
2.4.1.1 Utilización de Agregados Reciclados en la Construcción.	56
2.4.1.2 Comportamiento Mecánico del Concreto Fabricado con Agregados Reciclados.	56
2.4.1.3 Reciclado de Pavimentos.	57
2.5 Materiales y Recursos Reutilizables para Construcción y Acabados.	60
2.5.1 Puertas, Ventanas y Otras Aberturas.	61
2.5.2 Revestimientos Cerámicos.	61
2.5.2.1 Tipos de Revestimientos.	62
2.5.2.2 Ventajas Frente a Otros Materiales.	66
2.5.2.3 Reutilización de Materiales Cerámicos.	67
2.5.3 Tuberías Metálicas y Plásticas.	68
2.5.4 Acero Estructural.	68
2.6 Materiales que Pueden ser Reciclables Para la Construcción.	69
2.6.1 Vidrio.	70
2.6.1.1 Proceso de Reciclaje del Vidrio.	71
2.6.2 Madera.	72
2.6.2.1 Reciclaje de Madera.	74
2.6.2.2 Proceso de Reciclaje de Madera.	75
2.6.3 Tejas.	77

<b>2.6.4 Acero.</b>	<b>78</b>
<b>2.6.4.1 Proceso de Reciclaje del Acero.</b>	<b>78</b>
<b>2.6.4.2 Reciclado del Aluminio.</b>	<b>80</b>
<b>2.6.5 Papel.</b>	<b>81</b>
<b>2.6.5.1 Proceso del Reciclaje del Papel.</b>	<b>82</b>
<b>2.6.5.2 El Papel Utilizado en la Construcción.</b>	<b>85</b>
<b>2.6.6 Plástico PET.</b>	<b>86</b>
<b>2.6.6.1 Proceso de Reciclaje del PET.</b>	<b>87</b>
<b>2.6.6.2 Tipos de Reciclaje del PET.</b>	<b>90</b>
<b>2.6.6.3 Aplicación del PET en la Construcción.</b>	<b>93</b>
<b>2.7 Criterios de Construcción con Materiales Reciclados y Reutilizados.</b>	<b>94</b>
<b>2.8 Impacto Ambiental, Social y Económico del Reciclaje de Materiales.</b>	<b>95</b>
<b>2.9 Ejemplos de Proyectos de Edificación con Materiales Reciclados y Reutilizados.</b>	<b>97</b>
<b>2.9.1 Edificaciones Construidas con Plástico PET.</b>	<b>98</b>
<b>2.9.2 Edificaciones Construidas con Neumáticos.</b>	<b>102</b>
<b>2.9.3 Edificaciones Construidas con Papel o Cartón.</b>	<b>104</b>
<b>2.9.4 Casas Ecológicas Construidas con Bloques de Papel Reciclado.</b>	<b>107</b>
<b>2.9.5 Viviendas Construidas a Base de Madera.</b>	<b>109</b>
<b>CAPÍTULO 3. CONCLUSIONES.</b>	<b>112</b>



<b>CAPÍTULO 4. GLOSARIO DE TÉRMINOS.</b>	<b>116</b>
<b>CAPÍTULO 5. BIBLIOGRAFÍA.</b>	<b>122</b>

**LISTA DE FIGURAS**

	Págs.
Figura1. Jerarquía de la Legislación Ambiental Mexicana.	12
Figura2. Criba de Parrillas Inclínadas.	43
Figura3. Equipo Grizzly.	44
Figura4. Criba Vibratoria.	44
Figura5. Triturador de Rodillo.	46
Figura6. Machacadora de Mandíbulas.	46
Figura7. Triturador de Impacto.	47
Figura8. Esquema del Procesamiento de Residuos Sólidos.	49
Figura9. Puerta de Madera.	61
Figura10. Cerámicos de Baño.	62
Figura11. Azulejos.	63
Figura12. Gres Porcelánico.	63
Figura13. Gres Rústico.	64
Figura14. Piso de Barro Cocido.	65

Figura15. Revestimiento de Gresite.	66
Figura16. Tuberías Metálicas.	68
Figura17. Acero de Naves Industriales.	69
Figura18. Botellas de Vidrio.	71
Figura19. Proceso de Reciclaje de Vidrio.	72
Figura20. Madera para Cimbra.	73
Figura21. Proceso de Reciclaje de Madera.	76
Figura22. Tejas Recicladas.	77
Figura23. Varillas de Acero.	78
Figura24. Acero Fundido.	79
Figura25. Latas de Aluminio.	80
Figura26. Hidrapulper.	83
Figura27. Casa de Papercrete.	85
Figura28. Bloques de Papel.	86
Figura29. Botellas de PET.	87
Figura30. Reciclado Mecánico del PET.	91
Figura31. Reciclado Químico del PET.	92
Figura32. Reciclado Energético del PET.	93
Figura33. Utilización del PET como Ladrillo.	94
Figura34. Casa de Botellas PET en Honduras.	98
Figura35. Casa de Botellas en Serbia.	100
Figura36. Casa de Botellas en Warnes.	101
Figura37. Construcción de un Earthship.	103
Figura38. Casa de Papel de Swiss Cel.	105

Figura39. Estructura de los Muros de la Casa de Papel.	105
Figura40. Muros Abatibles.	106
Figura41. Estructura Tipo Panal de Abeja.	107
Figura42. Bloques de Papel Reciclado.	108
Figura43. Casa Construida con Bloques de Papel.	109
Figura44. Casa Revestida de Pallets.	110
Figura45. Vivienda de Pallets.	110
Figura46. Casa del Árbol.	111

**LISTA DE TABLAS**

	Págs.
Tabla 1. Categoría y Requerimientos Ambientales de los Generadores de Residuos de la Construcción de Acuerdo a su Generación.	29
Tabla 2. Clasificación de los Residuos de la Construcción.	30
Tabla 3. Impacto Ambiental de los Materiales.	95

## **INTRODUCCIÓN.**

El ramo de la construcción tiene un gran compromiso, debido al impacto directo e indirecto que sus obras tienen sobre el medio ambiente. El rápido crecimiento de ciudades y poblaciones enteras, la producción de materiales como el acero y el cemento, su transporte, el acondicionamiento de los edificios y los residuos que se generan en su producción son agentes contaminantes, cuya magnitud deteriora constantemente el medio ambiente.

La aplicación de materiales reciclados en la construcción trata de aprovechar al máximo los recursos naturales de la zona reduciendo su impacto ambiental, interactuando con la naturaleza y a la vez proporciona un ahorro para muchas personas.

La actividad de la construcción es una gran demandante de recursos y materiales, lo que la convierte en un sector con enorme potencial de aprovechamiento de residuos, tanto de los derivados de su propia actividad como de los procedentes de otros sectores.

La utilización en construcción de materiales procedentes de reciclado de residuos permite, por un lado, reducir la demanda de recursos naturales no renovables, y por otro reducir la cantidad de residuos que se destinan a un vertedero sin aprovechamiento.

Una de sus principales finalidades es la eficiencia, pues utiliza energías renovables no convencionales, y al reutilizar los materiales baja de manera significativa el impacto ambiental que estos aportan a nuestro medio. El concepto de basura solamente es producto de nuestra falta de cultura ambiental, no existe en la naturaleza, pues todo es parte del ciclo de la vida.( en la naturaleza nada se pierde, ni nada se gana todo se transforma).

La conciencia ecológica debe ser nuestro pan de cada día, si no la incluimos en lo habitual muy pronto será capaz de afectar nuestro bienestar, la paz social e incluso el porvenir de las próximas generaciones, ya que el día de mañana depende de lo que se haga hoy.

No obstante de que en nuestro país existe muy poca información y divulgación de la conciencia ecológica en este sector, el empleo de materiales reciclados es una realidad desde hace mucho tiempo, aunque tristemente es muy común verla en la parte más necesitada de la población, aplicándose de una manera carente de tecnología, sistemas constructivos y obviamente falta de seguridad y estabilidad. Por lo tanto, uno de los propósitos de la tesis es normalizar, y en lo particular especificar los materiales, su

utilización y su complementación bajo un sistema regulado en la construcción de una vivienda.

Actualmente empiezan a ponerse de moda en México las construcciones ecológicas desde la vivienda vecinal, casas unifamiliares, hasta los edificios públicos o instalaciones industriales, aunque el concepto ecológico lo enfocan primordialmente a los productos vegetales, no a los productos reciclables, tal es el caso de los techos y cubiertas de viviendas ajardinadas , algunos elementos mínimos de maderas y otros productos, sin embargo ninguno de estos repito, son productos de un reciclaje (uso de un material nuevamente aunque sea para otros motivos para los cuales fue creado, diseñado, o destinado y que pasa al ámbito de recicle una vez que es restituido por otros). Estos productos desahuciados serán en sí la materia prima de la casa o vivienda que se desea desarrollar a base de material reciclado.



## **CAPÍTULO 1. METODOLOGÍA.**

### **1.1 Planteamiento del Problema.**

En la actualidad debido al acelerado crecimiento de la población se urbanizan zonas de selvas, manglares, lagunas o áreas naturales que funcionaban como un ecosistema de variable flora y fauna; reemplazándolas por conjuntos habitacionales, edificios, centros comerciales, etc., de las cuales un bajo porcentaje de éstas se ocupa de conservar ecosistemas, áreas verdes o de generar un bajo impacto ambiental, poniendo en peligro el entorno ecológico de la zona.

### **1.2 Justificación.**

Partiendo de esto, se eligió el tema de “Aplicación de Material Reciclado en la Construcción”, debido a que existen personas que aun se concientizan y buscan ayudar al ambiente, intentando disminuir el deterioro que se le ejerce al planeta; y como ingeniera civil estoy interesada en presentar algunas alternativas de construcción utilizando el criterio de bajo impacto ambiental, empleando técnicas de construcción que garanticen una vivienda o entorno saludable y en armonía con el medio ambiente.

### **1.3 Objetivo.**

En esta investigación se pretende presentar diversas y distintas alternativas de construcción de viviendas utilizando residuos derivados de la propia actividad o provenientes de otros sectores, explicando brevemente sobre éstos y analizando los más utilizados.

### **1.4 Hipótesis.**

Se busca hacer una comparación entre los diversos tipos de materiales que pueden ser reutilizados en la construcción, respecto a su obtención, procesamiento, costo, vida útil, ventajas y desventajas. Con el fin de que posteriormente puedan emplearse en la construcción de viviendas o proyectos de edificación que conlleven un bajo impacto ambiental.

### **1.5 Tipo de Estudio.**

El estudio será Documental, Descriptivo y Experimental. Documental debido a que se analizará y presentará información acerca de lo que es la aplicación de material reciclado en la construcción; Descriptivo, ya que se manifestarán cualidades, atributos y características de los distintos materiales reciclados; y Experimental porque se examinará el efecto que se produce en el ambiente por la utilización de estos materiales reciclados.

## **1.6 Alcance.**

Este trabajo pretende ser una fuente de información que oriente a los ingenieros en el ramo de la construcción y así puedan incluir en sus proyectos los distintos materiales reutilizados y de bajo impacto ambiental, y al mismo tiempo ampliar el limitado conocimiento que se tiene acerca de la utilización de materiales reciclados en la construcción.

## **CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.**

### **2.1 Reciclaje de Materiales de Construcción.**

Durante miles de años el ser humano ha realizado actividades tendientes a satisfacer sus necesidades, sin importarle la cantidad de residuos que produce la realización de tales actividades. Esto responde a una constante visión a corto plazo que busca el beneficio inmediato sin medir las consecuencias.

Pero a partir de la Revolución Industrial, y particularmente en el último siglo, la producción de residuos es tan importante que el hombre ha tenido que empezar a pensar qué va a hacer con ellos, pues su almacenaje y acopio constituyen un verdadero problema.

Paralelamente a los entes gubernamentales que se comienzan a preocupar por una gestión integral de los residuos, surgen movimientos ecológicos que animan a tomar conciencia en la temática del reciclado, como una forma de no despilfarrar los recursos disponibles, y de disminuir la contaminación del medio ambiente.

En el campo de la construcción es muy reciente el comienzo del uso de materiales reciclados. Una construcción sustentable incorpora materiales reciclados o de segunda mano. La reducción del uso de materiales nuevos genera una reducción en el uso de la energía propia de cada material en su proceso de fabricación.

Los constructores sustentables tratan de adaptar viejas estructuras y construcciones para responder a nuevas necesidades y de ese modo evitar en lo posible construcciones que partan de cero.

La construcción se encuentra en permanente desarrollo, respondiendo a las demandas sociales, siempre crecientes, por lo cual, su impacto ambiental también es constante, agravado esto por determinadas actitudes frente al consumo, vinculadas al grado de desarrollo del país, ya que puede observarse, en los países desarrollados, una mayor conciencia ambiental. El problema en los países en vías de desarrollo aumenta con el acelerado crecimiento demográfico y el proceso de urbanización de las ciudades, acompañado de un déficit en cuanto a recursos técnicos, tecnológicos y económicos, y donde las prioridades de Estado se encuentran abocadas a resolver las necesidades básicas de la población.

Los materiales utilizados en la construcción son de distinta naturaleza, lo que determina el manejo diferenciado de los mismos, según el tipo de recursos, la cantidad en existencia, el costo de la extracción y el mayor o menor impacto que generan al ambiente. Así, los materiales de construcción pueden ser:

- Reciclables y/o Reutilizables (metales; maderas y otros de origen vegetal; vidrios y cristales; plásticos; telas, papeles y cartones).
  
- Exclusivamente Reutilizables (pétreos, ya sean naturales o artificiales, a los cuales sólo se somete a procesos de trituración para ser reutilizados.
  
- Reutilizables sólo por encontrarse mezclados con otros materiales (los morteros, siendo difícil separarlos de su soporte, no porque se los requiera como materiales en sí mismos).

Reutilizar es volver a utilizar un material en un mismo estado, sin reprocesamiento de la materia, ofreciendo las siguientes opciones:

- Reutilización directa en la obra donde son generados los residuos.
  
- Reutilización en otras obras (de la misma o de otra empresa constructora).
  
- Reutilización previa transformación.

Reciclar es cualquier proceso donde materiales de desperdicio son recolectados y transformados en nuevos materiales que pueden ser utilizados o vendidos como nuevos productos o materias primas. Debe implementarse desde un programa integral, teniendo en cuenta: la composición de los residuos, la disponibilidad de mercados para

los materiales reciclados, la situación económica de la región, el clima político de la comunidad, la participación de la comunidad.

Los aspectos mencionados a continuación, actúan como limitantes de la implementación del reciclaje y la reutilización.

- Existencia/inexistencia de mercados para los materiales recuperados.
- Calidad de los materiales y productos provenientes de la recuperación.
- Irregularidad en el suministro.
- Insuficiente normativa y exigencia de su cumplimiento.
- Menor costo de otras alternativas para el manejo de residuos
- Alto costo de las instalaciones para el reciclaje.
- Falta de conciencia ambiental generalizada.

El reciclaje, con mayor complejidad, manifiesta desventajas económicas, en una sociedad como la nuestra. La reutilización es un proceso más sencillo, que ofrece ventajas desde el punto de vista económico. Por eso, se debe comenzar por

implementar la reutilización de materiales y componentes constructivos, para, en un futuro apostar también al reciclaje.

La forma ideal de proceder, una vez que el componente haya sido descartado, es reutilizarlo las veces que el material lo permita y cuando el estado del material dificulte su utilización o no le permita cumplir con su función plenamente, entonces destinarlo al reciclaje.

La valorización energética debe reservarse a los desechos de procesos de reciclaje y materiales que no puedan ser sometidos a estos procesos. La disposición en vertederos debe utilizarse para aquellos materiales que ya no puedan ser reaprovechados con alguno de los procedimientos nombrados anteriormente.

### **2.1.1 Legislación Vigente Sobre Gestión y Reciclaje de Residuos Sólidos.**

En nuestro país la Ley Federal más importante, en materia ambiental, es la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) que en sus artículos 4º, 25º, 27º y 123º se establecen las facultades de la Federación, de los Estados y de los Municipios, respectivamente, para formular, conducir y evaluar las políticas ambientales de los respectivos niveles de la administración pública. Compete a la federación la expedición de Normas Oficiales Mexicanas y la vigilancia de su cumplimiento.



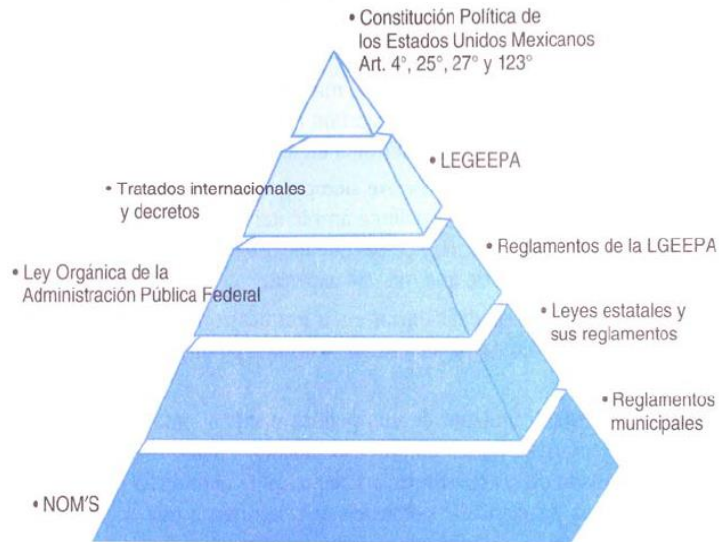


Fig. 1. Jerarquía de la Legislación Ambiental Mexicana.

### 2.1.1.1 Legislación Ambiental Vigente en Materia de Residuos Sólidos.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente fue publicada el 28 de enero de 1988 en el Diario Oficial de la Federación. En dicha Ley se establece la distribución de competencias entre los tres niveles de gobierno para participar en la gestión ambiental.

A raíz de la reforma al artículo 73º Constitucional y con base en las reglas de distribución de competencias incluidas en la LGEEPA, comenzaron a dictarse legislaciones ambientales en las entidades federativas.

Los objetivos de la LGEEPA son:

- Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar.

- Definir los principios de la política ambiental y los instrumentos para su aplicación.
- La preservación y protección de la biodiversidad, así como el establecimiento de áreas naturales protegidas y el aprovechamiento sustentable.
- La preservación y, en su caso, restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales.

La estructura de la LGEEPA está conformada por 6 títulos organizados tal como se estructura.

Estructura de la LGEEPA.1988.

## TÍTULO PRIMERO

Disposiciones Generales.

I. Normas Preliminares.

II. Competencias y Coordinación.

III. Política Ambiental.

IV. Instrumentos de Política Ambiental.

## TÍTULO SEGUNDO

Biodiversidad

I. Áreas Naturales Protegidas.

II. Zonas de Restauración.

III. Flora y Fauna Silvestre.

## TÍTULO TERCERO

Aprovechamiento Sustentable.

I. Agua y Ecosistemas Acuáticos.

II. Suelo y sus Recursos.

III. Recursos No Renovables.

## TÍTULO CUARTO

Protección al Ambiente.

I. Disposiciones Generales.

II. Atmósfera.

III. Ecosistemas Acuáticos.

IV. Suelo.

V. Actividades Riesgosas.

VI. Residuos Peligrosos.

VII. Energía Nuclear.

VIII. Ruido, Vibraciones, Térmica y Lumínica, Olores y Visual.

## TÍTULO QUINTO

Participación e Información.

I. Participación Ambiental.

II. Derecho a la Información Ambiental.

## TÍTULO SEXTO

### Medidas y Sanciones.

I. Disposiciones generales.

II. Inspección y vigilancia.

III. Medidas de seguridad.

IV. Sanciones.

V. Recursos de revisión.

Dicho documento establece importantes artículos en lo que a materia ambiental se refiere, entre los cuales se destacan:

El Artículo 1 indica que la presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción.

En el Artículo 17 se establece que en la planeación nacional del desarrollo se deberá incorporar la política ambiental y el ordenamiento.

El Artículo 36 señala que la SEMARNAT emitirá normas oficiales mexicanas en materia ambiental y para el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

Artículo 37 refiere que las normas oficiales mexicanas en materia ambiental son de cumplimiento obligatorio en el territorio nacional y señalarán su ámbito de validez, vigencia y gradualidad en su aplicación.

El Artículo 40 indica que la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, promoverá el desarrollo de la capacitación y adiestramiento en y para el trabajo en materia de protección al ambiente.

El Artículo 41 enuncia que el Gobierno en todas sus instancias fomentará investigaciones para el desarrollo de técnicas y procedimientos que permitan prevenir, controlar y abatir la contaminación, propiciar el aprovechamiento racional de los recursos y proteger los ecosistemas.

El Artículo 134 refiere la prevención y control de la contaminación del suelo.

En el Artículo 138 se señala que será la SEMARNAT promoverá acuerdos de coordinación y asesoría con los gobiernos estatales y municipales para la implantación y mejoramiento de sistemas de recolección, tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales.

Cabe destacar que en dicha Ley se consideran a los residuos sólidos, tanto municipales como industriales, como la principal fuente de contaminación de los suelos, por lo que se establece la necesidad de prevenir y reducir su generación, así como incorporar

técnicas y formas para el reuso y reciclaje, su adecuado manejo y una disposición final eficientes.

### **2.1.1.2 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGP y GIR).**

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGP y GIR) fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de octubre de 2003, vigente con la última reforma publicada el 22 de mayo de 2006. Dicha Ley tiene por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente adecuado y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, así como prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación.

Estructura de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

#### **TÍTULO PRIMERO**

Disposiciones Generales.

I. Objeto y Ámbito de Aplicación de la Ley.

#### **TÍTULO SEGUNDO**

Distribución de Competencias y Coordinación

I. Atribuciones de los Tres Órdenes de Gobierno y Coordinación entre Dependencias.

## TÍTULO TERCERO

Clasificación de los Residuos.

I. Fines, Criterios y Bases Generales.

## TÍTULO CUARTO

Instrumentos de la Política de Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

I. Programas para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

II. Planes de Manejo.

III. Participación Social.

IV. Derecho a la Información.

## TÍTULO QUINTO

Manejo Integral De Residuos Peligrosos.

I. Disposiciones Generales.

II. Generación de Residuos Peligrosos.

III. De las Autorizaciones.

IV. Manejo Integral de los Residuos Peligrosos.

V. Responsabilidad Acerca de la Contaminación y Remediación de Sitios.

VI. La Prestación de Servicios en Materia de Residuos Peligrosos.

## TÍTULO SEXTO

I. De la Prevención y Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial.

## TÍTULO SÉPTIMO

Medidas de Control de Seguridad, Infracciones y Sanciones.

I. Visitas de Inspección.

II. Medidas de Seguridad Infracciones y Sanciones Administrativas.

III. Infracciones y Sanciones administrativas.

IV. Recurso de Revisión y Denuncia Popular.

La LGP y GIR establece los lineamientos que atañen la disposición final de los residuos.

El Artículo 1 los criterios que deberán de ser considerados en la generación y gestión integral de los residuos, así como para formular una clasificación básica y general de los residuos que permita uniformar sus inventarios.

El Artículo 2 establece que debe existir una valorización de los residuos para su aprovechamiento como insumos en las actividades productivas y que corresponde a quien genere residuos, la asunción de los costos derivados del manejo integral de los mismos y, en su caso, de la reparación de los daños. De la misma forma, se establece como directriz ambiental la valorización de los residuos para su aprovechamiento como insumos en las actividades productivas, la responsabilidad compartida y el manejo integral de residuos, aplicados bajo condiciones de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, en el diseño de instrumentos, programas y planes de política ambiental para la gestión de residuos.



En el Artículo 15 refiere que será la La Secretaría quien agrupará y subclasificará los residuos peligrosos, sólidos urbanos y de manejo especial en categorías, con el propósito de elaborar los inventarios correspondientes, y orientar la toma de decisiones basada en criterios de riesgo y en el manejo de los mismos.

El Artículo 19 tiene por objeto la clasificación de los residuos de manejo especial, entre los cuales se encuentra la clasificación de los residuos que atañen al presente documento, los cuales son ubicados dentro de los “residuos de las rocas o los productos de su descomposición que sólo puedan utilizarse para la fabricación de materiales de construcción o se destinen para este fin, así como los productos derivados de la descomposición de las rocas, excluidos de la competencia federal conforme a las fracciones IV y V del artículo 5 de la Ley Minera” y por otra parte los “residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general”.

El Artículo 25 establece que La Secretaría deberá formular e instrumentar el Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, de conformidad con esta Ley, con el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos y demás disposiciones aplicables.

El Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos es el estudio que considera la cantidad y composición de los residuos, así como la infraestructura para manejarlos integralmente.

El Artículo 27 asume que los planes de manejo se establecerán para los siguientes fines y objetivos: promover la prevención de la generación y la valorización de los residuos así como su manejo integral así como establecer modalidades de manejo que respondan a las particularidades de los residuos y de los materiales que los constituyan.

El Artículo 28, en su Fracción 3, establece que estarán obligados a la formulación y ejecución de los planes de manejo, según corresponda los grandes generadores y los productores, importadores, exportadores y distribuidores de los productos que al desecharse se convierten en residuos sólidos urbanos o de manejo especial que se incluyan en los listados de residuos sujetos a planes de manejo de conformidad con las normas oficiales mexicanas correspondientes.

El Artículo 97 indica que las Normas Oficiales Mexicanas establecerán los términos a que deberá sujetarse la ubicación de los sitios, el diseño, la construcción y la operación de las instalaciones destinadas a la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, en rellenos sanitarios o en confinamientos controlados.

En el Artículo 100 concede la facultad a las entidades federativas de expedir en su legislación, en relación con la generación, manejo y disposición final de residuos sólidos urbanos prohibiciones como verter residuos en la vía pública, predios baldíos, barrancas, cañadas, ductos de drenaje y alcantarillado, de gas; en cuerpos de agua; cavidades subterráneas; áreas naturales protegidas entre otros.

### **2.1.1.3 Ley de Residuos Sólidos para el Distrito Federal (LRSDF).**

En el caso particular del Distrito Federal, es en donde el análisis de las disposiciones que regulan la LGP y GIR se hace patente y crece la preocupación de los legisladores ante una ausencia de pautas normativas de desempeño y de gestión en la materia de los residuos.

Publicada en la gaceta oficial del distrito federal el día 22 de abril de 2003, la LRSDF tiene por objeto regular la gestión integral de los residuos sólidos considerados como no peligrosos; es de observancia en el Distrito Federal y sus disposiciones son de orden público e interés social.

En dicha Ley no se incluye el manejo de todos los residuos, atiende los residuos identificados como Residuos Urbanos (provenientes de domicilios y vías públicas) y los Residuos de Manejo Especial, que son todos aquellos que requieren sujetarse a Planes de Manejo como son los desechos de la construcción, las llantas usadas, los generados en terminales de transportes, los derivados de actividades industriales y agrícolas y los provenientes de servicios de salud, entre otros.

Esta ley se encuentra estructurada por 7 Títulos, tal como se esquematiza.

Estructura de la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal (LRSDF).

TITULO PRIMERO

I. De las Disposiciones Generales.

TITULO SEGUNDO

I. De la Competencia.

II. De las Facultades.

III. De las Disposiciones Complementarias de la Política Ambiental.

TITULO TERCERO

I. De la Prevención y Minimización de la Generación de los Residuos Sólidos.

II. De las Disposiciones Generales.

III. Del Inventario de los Residuos Sólidos y sus Fuentes Generadoras.

IV. De la Clasificación de los Residuos Sólidos.

V. De la Separación de los Residuos Sólidos.

TITULO CUARTO

I. Del Servicio Público de Limpia.

II. De las Disposiciones Generales.

III. Del Barrido y la Recolección de Residuos Sólidos.

IV. De la Transferencia y Tratamiento de Residuos Sólidos.

V. De la Disposición Final.

## TITULO QUINTO

I. De la Valorización y Composteo de los Residuos Sólidos.

II. Del Reciclaje.

III. Del Composteo.

## TÍTULO SEXTO

I. De las Disposiciones Complementarias de la Restauración, Prevención y Control De la Contaminación del Suelo.

II. De la Contaminación del Suelo por Residuos Sólidos.

## TITULO SÉPTIMO

I. De las Medidas de Seguridad, Sanciones, Recurso de Inconformidad y Denuncia Ciudadana.

II. De las Medidas de Seguridad.

III. De las Sanciones.

IV. Del Recurso de Inconformidad.

V. De la Denuncia Ciudadana.

Dentro de esta Ley destacan los siguientes Artículos:

El *Artículo 6*, donde se atribuyen las facultades a la Secretaría tales como la integración de un inventario de los residuos sólidos y sus fuentes generadoras, en coordinación con la Secretaría de Obras y Servicios y las delegaciones; promover la investigación, el desarrollo y la aplicación de tecnologías que minimicen el impacto de los contaminantes

provenientes de los residuos sólidos así como la inspección y vigilancia del correcto manejo de residuos en el cumplimiento de las disposiciones tanto de esta Ley como de su Reglamento.

El Artículo 21 dispone que toda persona que genere residuos sólidos tiene la responsabilidad de su manejo hasta el momento en que son entregados al servicio de recolección, o depositados en los contenedores o sitios autorizados para tal efecto por la autoridad competente.

El Artículo 24 pronuncia que es responsabilidad de toda persona, física o moral, en el Distrito Federal fomentar la reutilización y reciclaje de los residuos sólidos.

El Artículo 25 indica que está prohibido, por cualquier motivo, arrojar o abandonar en la vía pública, áreas comunes, parques, barrancas, y en general en sitios no autorizados, residuos sólidos de cualquier especie.

El Artículo 26 tiene una gran connotación en la industria de la construcción, enuncia que los propietarios, directores responsables de obra, contratistas y encargados de inmuebles en construcción o demolición, son responsables en caso de provocarse la diseminación de materiales, escombros y cualquier otra clase de residuos sólidos, así como su mezcla con otros residuos ya sean de tipo orgánico o peligrosos.

El frente de las construcciones o inmuebles en demolición deberán mantenerse en completa limpieza, quedando prohibido almacenar escombros y materiales en la vía

pública. Así mismo, indica que los responsables deberán transportar los escombros en vehículos adecuados que eviten su dispersión durante el transporte a los sitios que determine la Secretaría de Obras y Servicios.

El Artículo 29 clasifica los residuos sólidos en residuos urbanos y residuos de manejo especial; considerados como no peligrosos y sean competencia del Distrito Federal.

En el Artículo 31 se clasifican los residuos de manejo especial, siempre y cuando no estén considerados como peligrosos de conformidad con las disposiciones federales aplicables, y sean competencia del Distrito Federal, y es en el apartado "V" de este artículo donde la figura de los residuos de la demolición, mantenimiento y construcción civil en general se hace presente.

Es en el Artículo 32 donde se expresa que los generadores de residuos de manejo especial deberán instrumentar planes de manejo, mismos que deberán ser autorizados por la Secretaría.

En el Artículo 58 se pretende que las autoridades fomentarán programas para que los establecimientos de mayoristas, tiendas de departamentos y centros comerciales cuenten con espacios y servicios destinados a la recepción de materiales y subproductos de los residuos sólidos valorizables.

El Artículo 68 establece que al violar las disposiciones que en esta Ley se emiten, las sanciones administrativas podrán ser amonestaciones, multas, o incluso arresto y demás sanciones que señalen las Leyes o Reglamentos.

### **2.1.2 Normas Oficiales Mexicanas en Materia de Manejo de Residuos de la Construcción.**

En lo que corresponde a la generación de residuos de la construcción, según estimaciones proporcionadas por las delegaciones políticas del Distrito Federal, la generación de estos residuos alcanza valores cercanos a las 3,000 ton/día tan sólo en el Distrito Federal.

La composición de los residuos generados por la industria de la construcción varía mucho dependiendo del tipo de actividad ya sea demolición o construcción, además de los métodos utilizados para realizar las tareas de construcción o demolición. Los residuos generados durante estas actividades consisten generalmente en pedacería<sup>1\*</sup> de materiales utilizados para construir, tales como madera, paneles de yeso, residuos de albañilería, metales, vidrio, plásticos, asfalto, concretos, ladrillos, bloques, cerámicos, entre otros.

Actualmente dentro de los residuos generados por la industria de la construcción, los metales y la madera son los materiales que mayor potencial de reuso tienen. Sin embargo, los residuos de las excavaciones, el concreto, las tejas, los ladrillos, tabiques

---

\* Al final del texto se presenta un glosario de términos.



y cerámicos, son otros componentes que también han demostrado a nivel mundial, tener un potencial importante de reuso o reciclaje.

El Distrito Federal es el primer lugar en la república mexicana en gestionar normas que regulen el vertido de los desechos de construcción debido a que es en la zona centro del país en donde se produce una mayor cantidad de residuos sólidos municipales, y en forma proporcional, residuos de construcción y demolición que aunque no son más peligrosos, si generan un mayor volumen; por lo que la vida de los rellenos sanitarios se ve reducida drásticamente.

Se espera que su aplicación se generalice en los demás estados de la república; a través de la norma NOM NAD-007-RNAT-2004 se establece la clasificación y especificaciones para el manejo de los residuos de la construcción en el Distrito Federal; buscando fomentar el manejo adecuado de estos residuos así como fortalecer su reuso y reciclaje.

Dicha norma es de aplicación obligatoria en todo el territorio del Distrito Federal para los generadores de los residuos de la construcción y prestadores de servicio que intervienen en su generación, recolección, transporte, aprovechamiento o disposición final. En ella se establecen las definiciones de diferentes conceptos de carácter ambiental tales como aprovechamiento, disposición final, generador de residuos de construcción, manejo, materiales pétreos, materiales reciclados, plan de manejo, prestadores de servicios, residuos de la construcción, entre otros.

Para efectos de la norma en cuestión, los generadores de residuos de la construcción se clasifican tal como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Categoría y Requerimientos Ambientales de los Generadores de Residuos de la Construcción de Acuerdo a su Generación.

#### Categoría y Requerimientos

Mayor o igual a 7 m <sup>3</sup>	Menor de 7 m <sup>3</sup>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentación del plan de manejo de residuos de acuerdo a lo establecido por las disposiciones jurídicas aplicables.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolección mediante la contratación de un prestador de servicios (transportista) o la Delegación correspondiente.</li> <li>• Sin presentación de plan de manejo de residuos.</li> </ul>

El generador de residuos de la construcción y los distintos prestadores de servicios que intervengan hasta la disposición final de dichos residuos, serán responsables solidarios de su adecuado manejo cumpliendo con la normatividad vigente, de acuerdo a sus actividades y obligaciones contraídas. El plan de manejo de residuos, requerido en la Tabla 1 debe ser presentado ante la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal para su evaluación y autorización, conforme a los procedimientos y formatos que para el efecto establezca.

El generador de residuos de la construcción de volúmenes mayores o iguales a 7 m<sup>3</sup>, en coordinación con el prestador de servicios, debe comprobar mediante el Manifiesto

de Entrega Recepción (Anexo 1 de esta norma ambiental) el destino final de la totalidad de los residuos generados conforme a los lineamientos establecidos en el plan de manejo de residuos.

### **2.1.2.1 Clasificación de los Residuos de la Construcción.**

Los residuos de la construcción están constituidos generalmente por un conjunto de fragmentos o restos de materiales producto de demolición, desmantelamiento o excavación tales como tabiques, piedras, tierra, concreto, morteros, madera, alambre, resina, plásticos, yeso, cal, cerámica, tejados, pisos y varillas, entre otros, cuya composición puede variar ampliamente dependiendo del tipo de proyecto, la obra y etapa de construcción.

Tabla 2. Clasificación de los Residuos de la Construcción

A. Residuos potencialmente reciclables para la obtención de agregados y material de relleno
1. Prefabricados de mortero o concreto (blocks, tabicones, adoquines, tubos, etc)
2. Concreto simple
3. Concreto armado
4. Cerámicos
5. Concretos asfálticos
6. Concreto asfáltico producto del fresado

<ol style="list-style-type: none"><li>7. Productos de mampostería<sup>2</sup></li><li>8. Tepetatosos<sup>3</sup></li><li>9. Prefabricados de arcilla recocida (tabiques, ladrillos, blocks, etc)</li><li>10. Blocks</li><li>11. Mortero<sup>4</sup></li></ol>
<b>B. Residuos de excavación</b>
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Suelo orgánico</li><li>2. Suelo no contaminado y materiales arcillosos, granulares y pétreos naturales contenidos en ellos.</li><li>3. Otros materiales minerales no contaminados y no peligrosos contenidos en el suelo.</li></ol>
<b>C. Residuos de sólidos</b>
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Cartón</li><li>2. Madera</li><li>3. Metales</li><li>4. Papel</li><li>5. Plástico</li><li>6. Residuos de podas, tala y jardinería</li><li>7. Paneles de yeso</li><li>8. Vidrio</li><li>9. Otros</li></ol>

Los generadores de residuos de la construcción de volúmenes mayores o iguales a 7m<sup>3</sup> 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, descrito a continuación:

Separación en la fuente de los residuos de la construcción:

En las áreas de generación de residuos de la construcción, éstos se deben separar de acuerdo a su tipología establecida en la Tabla 2. En el caso de generar residuos peligrosos o suelo contaminado se debe realizar su manejo y tratamiento conforme a la legislación aplicable.

Almacenamiento de los residuos de la construcción:

El almacenamiento de residuos de construcción dentro del predio del proyecto únicamente debe ser temporal, se debe minimizar la dispersión de polvos y emisión de partículas con el uso de agua tratada en las áreas de mayor movimiento y deben retirarse los residuos en el plazo que establezcan las disposiciones jurídicas correspondientes.

Recolección y transporte de los residuos de la construcción.

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 en la Tabla 2 de ésta norma y evitar mezclarlos con otro tipo de residuos. Además, 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.

### **2.1.2.2 Aprovechamiento de los Residuos de la Construcción.**

En las siguientes obras se debe al menos sustituir un 25% de los materiales vírgenes por materiales reciclados, siempre y cuando éstos materiales cumplan con las especificaciones técnicas del proyecto, el costo sea el más conveniente para el interesado o que demuestre mediante estudios y pruebas en laboratorios acreditados un porcentaje diferente que garantice las especificaciones técnicas del proyecto, así como del correspondiente estudio costo-beneficio:

- Sub-base en caminos.
- Sub-base en estacionamientos.
- Carpetas asfálticas para vialidades secundarias.
- Construcción de terraplenes.
- Relleno sanitario.

- Construcción de andadores o ciclopistas.
- Construcción de lechos para tubería.
- Construcción de bases de guarniciones y banquetas..
- Rellenos y pedraplenes<sup>5</sup>.
- Bases hidráulicas.

En caso de presentarse otros usos de los materiales reciclados producto del tratamiento de los residuos de la construcción, éstos deben sustentarse y demostrar su uso con análisis o pruebas correspondientes.

Disposición final de los residuos de la construcción.

Aquellos residuos de la construcción clasificados en la sección A de la Tabla 2 que no se envíen a reciclaje, deben enviarse a sitios de disposición final autorizados.

Los residuos de la construcción clasificados en la sección B de la Tabla 2 que no sea posible su reutilización deben enviarse a sitios de disposición final autorizados.

Los residuos sólidos identificados en la sección C de la Tabla 2 que no puedan ser valorizados o comercializados deben ser enviados a disposición final en los sitios autorizados. En el caso de que se generen residuos peligrosos o suelo contaminado, se deben disponer o confinar conforme a la legislación aplicable.

## **2.2 Normativa Internacional en Materia de Manejo de Residuos de Construcción.**

Las medidas reguladoras a nivel normativo son, esencialmente, restricciones o prohibiciones sobre el vertido, impuestos sobre el mismo, establecimiento de objetivos de reciclaje creciente y vertido decreciente.

Se presenta un breve análisis de la normativa o recomendaciones más importantes de las que se disponen en diversos países de la Unión Europea, así como del empleo del impuesto como herramienta para reducir el vertido.

### **2.2.1 Alemania.**

Los “Requisitos técnicos para el reciclado de residuos minerales” (5 de septiembre de 1995) establecen una serie de condiciones para el uso de residuos de construcción y demolición reciclados.

Los agregados<sup>6</sup> y los suelos reciclados se utilizan principalmente para la construcción de carreteras. El uso de materiales reciclado en la construcción de carreteras está reglamentado a través de los términos de entrega de materiales reciclados, en general, los productos reciclados han de cumplir las mismas especificaciones que los de origen natural.



De forma general la normativa alemana permite el empleo de hasta un 5 % en peso de material reciclado sobre el total de agregados sin establecer restricciones adicionales al concreto. Para porcentajes mayores se establecen distintos usos en función del ambiente al que vaya a estar sometido el concreto.

### **2.2.2 Reino Unido.**

La Agencia de Autopistas para el Departamento de Transporte (Highways Agency For The Department Of Transport) ha elaborado las “Especificaciones para trabajos de Autopistas” (Specification For Highway Works ) que aplica tanto a materiales naturales como reciclados, y que determina el porcentaje máximo de material reciclado a utilizar.

Por su parte Instituto de Estandarización Británica (BSI) ha elaborado la norma BS 6543 “Guía para el uso de subproductos industriales y residuos en edificación e ingeniería civil”. La norma inglesa BS8500:02 “Especificación para componentes materiales y concreto” (Specification for constituent materials and concrete) establece la clasificación del agregado según su origen, distinguiendo así entre los procedentes del concreto y los procedentes de materiales cerámicos o la mezcla de ambos.

En esta norma no se establece un contenido máximo de material reciclado, aunque se prescribe que el producto obtenido a partir de una combinación de material natural y reciclado debe cumplir las especificaciones generales que se establecen para el agregado de origen natural , además de requisitos adicionales para el material reciclado.

### **2.2.3 Francia.**

No hay reglamentación ni normas en materia de residuos de construcción y demolición, pero cualquier producto que se considere novedoso ha de tener un documento de idoneidad técnica en el cual se establecerán sus oportunidades de uso así como limitaciones y/o prohibiciones.

### **2.2.4 Italia.**

No hay normas ni reglamentación materia de residuos de construcción y demolición pero la administración de carreteras ha empezado a aceptar el uso de residuos de construcción y demolición en sus obras.

### **2.2.5 Holanda.**

Holanda dispone de normativa que recoge la utilización de agregados reciclados. NEN 5905:97. Esta norma recoge los criterios de calidad para los agregados gruesos reciclados procedentes del concreto. Existen también recomendaciones sectoriales sobre agregados gruesos para concreto y agregados finos para concreto. Por otra parte, cuentan con una certificación de los productores de éstos materiales.

La normativa holandesa sobre la utilización de materiales reciclados permite su empleo en concretos en masa o armados, excluyendo su utilización en concretos pretensados.

Para los agregados reciclados procedentes del concreto no se limita el porcentaje de agregados gruesos utilizados, mientras que para los provenientes de la mezcla de cerámicos y concreto, se permite una sustitución máxima de 20% del agregado grueso.

Desde 1997 hay una prohibición total de verter residuos de construcción y demolición.

### **2.2.6 Suecia.**

Existen especificaciones técnicas, especialmente para concretos/ ladrillos, para su uso en construcción como agregado para el concreto o para construcción de carreteras.

Hay centros de investigación trabajando en especificaciones para materiales destinados a la construcción de carreteras a partir de ladrillos y asfalto, e incluso para la reutilización en edificación de madera y productos de hierro.

En nuestro país, la aplicación de todos los preceptos legales se muestra de difícil puesta en práctica, ya que algunos chocan frontalmente con el panorama económico mexicano, en el que las necesidades productivas y de sostenimiento del nivel de desarrollo superan en mucho al seguimiento de las normas de procuración ambiental, en el caso de la Norma Ambiental NADF\_007\_RNAT\_2004 corresponde a la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del Distrito Federal imponer las sanciones al incumplimiento de dicha norma, las cuales pueden ser aplicadas al existir incluso la denuncia ciudadana.

Sin embargo, la existencia en el papel de Leyes, por más excelentes que sean, no significa que dicho asunto haya quedado o vaya a quedar bajo control. Es necesario además, que haya una serie de condiciones que son las que permitirán la aplicación real de la Ley. La primera de éstas, entre muchas otras, es que exista el conjunto de instrumentos jurídicos que se requieren para que la Ley signifique algo en la vida cotidiana, esto es, los reglamentos y normas oficiales que deben especificar cómo se debe llevar a la práctica cada uno de los asuntos que se mencionan en las leyes reglamentarias sólo de manera general. Además de esto debe existir la infraestructura<sup>7</sup> administrativa necesaria para aplicar la ley y vigilar su cumplimiento, incluyendo la capacidad oficial de vigilancia, así como la infraestructura científico-técnica acorde con la procuración de regular una adecuada gestión de residuos de construcción.

Sin embargo, es importante hacer notar que el esfuerzo en la gestión de desechos de construcción se está haciendo, con la creación de normas como la NADF-007-RNAT-2004 es sólo cuestión de tiempo para que las empresas del ramo constructor se apeguen a la misma.

### **2.3 Procesamiento de Residuos de Construcción y Demolición. Plan de Manejo de Residuos de Construcción y Demolición en el Lugar de Edificación.**

El principio básico de una planta de tratamiento de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) es la separación y liberación de los elementos que componen el

todo-uno y su agrupación en forma homogénea, con vistas a su reutilización, reciclaje, valorización o disposición final de forma controlada.

De acuerdo con las operaciones unitarias realizadas en el proceso, las plantas de tratamiento de RCD se pueden clasificar en diferentes niveles de tecnología:

Se denominan plantas de Nivel tecnológico 1 a aquellas que comportan un desbrozado<sup>8</sup> inicial con la retirada de los elementos indeseables y una clasificación de los productos por tamaño. En estas plantas es fundamental la utilización de mano de obra para la selección inicial junto a la pala excavadora o el escogido posterior sobre una cinta de estrío<sup>9</sup>.

Sería recomendable la instalación de este tipo de plantas de Nivel 1 incluso en centros de transferencia o en vertederos, para conseguir productos más fáciles de valorizar, reciclar o eliminar mediante deposición controlada. A veces, los materiales valorizables separados pueden tener precios interesantes y, desde luego, la gestión posterior del conjunto más homogéneo resulta rentable.

Las plantas de Nivel 2 se recomiendan para producir materiales reciclados de aplicación probada en las obras públicas y construcción. La trituración o fragmentación con liberación de los distintos materiales y la clasificación granulométrica de éstos, permite su venta inmediata, disminuyendo notablemente el volumen de residuo a depositar en el vertedero.

Las plantas de Nivel 3 son más apropiadas para el tratamiento de materiales limpios, como son los concretos de estructuras armados o no, y escombros cerámicos seleccionados, con un aprovechamiento casi integral de sus componentes. Suelen ser instalaciones de tipo fijo, y son capaces de fragmentar residuos de concreto con grandes dimensiones, especialmente los provistos de trituradores de rodillo de flujo horizontal.

El problema de estas plantas, parece radicar en la obtención de material limpio en el radio de influencia de la instalación.

Es particularmente interesante la modalidad de trabajo de estas plantas con mezclas de materiales que cumplen los requisitos especificados por un determinado cliente, quién pagará un sobreprecio por un producto reciclado de acuerdo a su "receta".

Para las plantas de Nivel 4, a base de moliendas selectivas y clasificaciones en húmedo, no se vislumbra una aplicación inmediata, hasta que la reglamentación sobre las tasas de vertido, la obligación de reciclar y los precios de venta de los productos, resulten lo suficientemente atractivos para que el inversor privado vea una rentabilidad tanto o más clara que la de cualquier otra industria extractiva.

La calidad del producto de dos plantas, de igual nivel tecnológico, podrá ser muy diferente dependiendo de los sistemas de separación y clasificación que tenga cada una.

Los requisitos de granulometría son muy importantes, y dependerán de la regulación de los equipos de trituración y de la eficacia del sistema de cribado.

Para la separación de los materiales en un conjunto tan heterogéneo como el que se recibe en las plantas de tratamiento de Residuos de Construcción y Demolición se precisa, en primer lugar, que los componentes se encuentren debidamente liberados y que posean tamaños y formas manejables. Las operaciones unitarias que se pueden realizar en la planta de tratamiento se describen en orden de menor a mayor complejidad.

Selección previa o desbrozado:

Consiste en la separación de los materiales voluminosos y otros valorizables, del pétreo que se va a tratar en la planta. Puede realizarse manualmente o combinado con medios mecánicos.

Clasificación por estrío manual:

Probablemente sea la operación más simple y suele situarse al principio del proceso, o intercalada en otras fases posteriores para facilitar la recuperación de productos valorizables o la eliminación de ciertos elementos que entorpecen el paso siguiente.

Para realizar el estrío se suelen instalar cintas transportadoras de banda ancha, rodillos planos y baja velocidad, montadas sobre una estructura elevada respecto al terreno,

con pasillos a ambos lados sobre los que se disponen los operarios, que escogen los materiales a separar (metales, maderas, plásticos, etc.) y los depositan en unos buzones.

En la parte baja se colocan los distintos contenedores que recogen los materiales seleccionados en el estrío.

Clasificación por tamaños o granulométrica:

La clasificación granulométrica se realiza con equipos mecánicos de cribado, como son los siguientes:

- Parrillas inclinadas



Fig. 2. Criba de Parrillas Inclinadas.



- Precribadores vibrantes o *grizzly*



Fig. 3. Equipo Grizzly.

- Cribas vibrantes

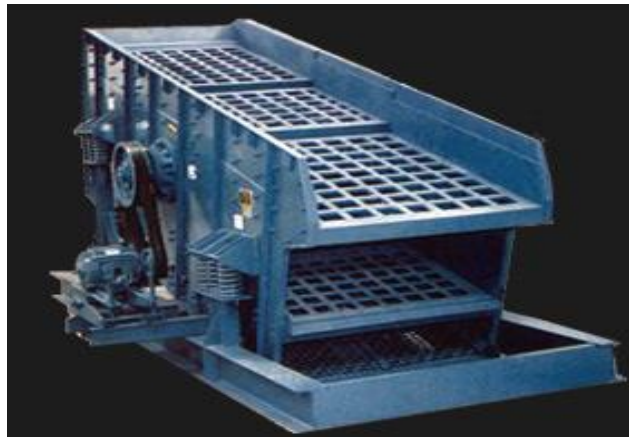


Fig. 4. Criba Vibratoria.

Separación magnética:

Por la separación magnética se retiran elementos férricos valorizables o que entorpecen la fase siguiente del proceso. Son máquinas del tipo *overband* (sobre banda).

Detrás de toda trituración debe existir una separación magnética que elimine los materiales metálicos liberados, por las siguientes razones:

Los metales férricos son materiales valorizables. De hecho, la armadura de acero del concreto es un producto que se vende muy fácilmente en las instalaciones de reciclado de residuos de construcción y demolición.

Los agregados reciclados obtenidos a partir de residuos de construcción y demolición deben tener la mínima cantidad posible de metales, puesto que a mayor presencia de éstos en el agregado, menor calidad del reciclado.

Además, la presencia de materiales férricos en la etapa de trituración secundaria reduce sensiblemente la vida útil de la maquinaria debido a su excesiva abrasividad<sup>10</sup>.

Operaciones de trituración o machaqueo: Se reduce el tamaño del escombros y, a la vez, se consigue la liberación de los materiales, como en el caso del hierro del hormigón armado. Se distingue entre trituración primaria y secundaria según sea el tamaño alimentado y la granulometría del producto requerido.

Los equipos utilizados son los siguientes:

El triturador de rodillo, de flujo horizontal reduce el tamaño de acuerdo con la proximidad de la base del alimentador de placas que le suministra material.

Tiene la ventaja de poder situarse a nivel del suelo o con una rampa de inclinación mínima, lo que le hace muy ventajoso para la trituración de vigas de hormigón de gran longitud.



Fig. 5. Triturador de Rodillo.

Las machacadoras de mandíbulas, de flujo horizontal o vertical. Son de construcción muy robusta, con gran abertura de entrada para elementos voluminosos y fiabilidad de funcionamiento. El inconveniente de estas máquinas es que producen materiales de baja cubricidad<sup>11</sup>, y su ventaja es que sufren menores desgastes aún con materiales muy abrasivos.



Fig. 6. Machacadora de Mandíbulas.

Los trituradores de impacto, disponen de un rotor provisto de barras que lanzan el material contra las paredes internas, revestidas con placas de acero antiabrasivo, reduciendo su tamaño en una relación muy alta con respecto a la alimentación. La cubicidad del producto final los hace imprescindibles en la trituración secundaria.



Fig. 7. Triturador de Impacto.

Clasificación neumática:

Se recurre a la clasificación neumática para retirar fragmentos de los elementos más ligeros, como son los papeles y plásticos, que contaminan un material reciclado.

Existen diversos sistemas de separación neumática:

De aspiración vertical, consistente en un alimentador que deposita el material cribado sobre un depósito cilíndrico unido a un ventilador. El ventilador crea una depresión que aspira los ligeros por la parte superior.

Criba neumática, Consiste en una artesa<sup>12</sup> inclinada con un tamiz<sup>13</sup> a través del cual se insufla aire desde la parte inferior. El material ligero es expulsado hacia un lateral mientras el pesado continúa su avance.

Túnel de viento de doble efecto, mediante una corriente de aire los materiales ligeros son desplazados a la salida de un transportador.

### **2.3.1 Procesado de Residuos de Construcción y Demolición.**

Las instalaciones están diseñadas con un conjunto de componentes que permiten homogenizar la composición de los residuos de entrada, de tal manera que puedan ser y que pueden ser transformados en agregados reciclados para emplearse en obra civil. En general, inicialmente se realiza un tiraje<sup>14</sup> primario para separar y desechar aquellos residuos que pudieran haber sido mal clasificados y que no pueden ser tratados en la instalación.

Posteriormente se alimentará la línea de tratamiento, compuesta por una criba rotatoria, de la cual se obtienen dos fracciones de material, una de 0-10 mm que se acopia y otra mayor de 10 mm que continúa el proceso.

Tras el tiraje, el material se hace pasar por un separador magnético, el cual retira los materiales férricos, y también por una soplante<sup>15</sup> que separa materiales de baja densidad.

A continuación, mediante una cinta transportadora, se alimenta al triturador de impactos el material restante “limpio”. El triturador debe realizar la reducción del tamaño del residuo entrante hasta un tamaño máximo de 80 mm.

El triturador de impacto puede también alimentarse directamente con el material que no precise tiraje. A la salida del triturador, se realiza nuevamente una separación de materiales férricos mediante un separador ferromagnético.

El objeto de la instalación es, en definitiva, conseguir el mayor porcentaje posible de agregados reciclados, con la mayor calidad posible.

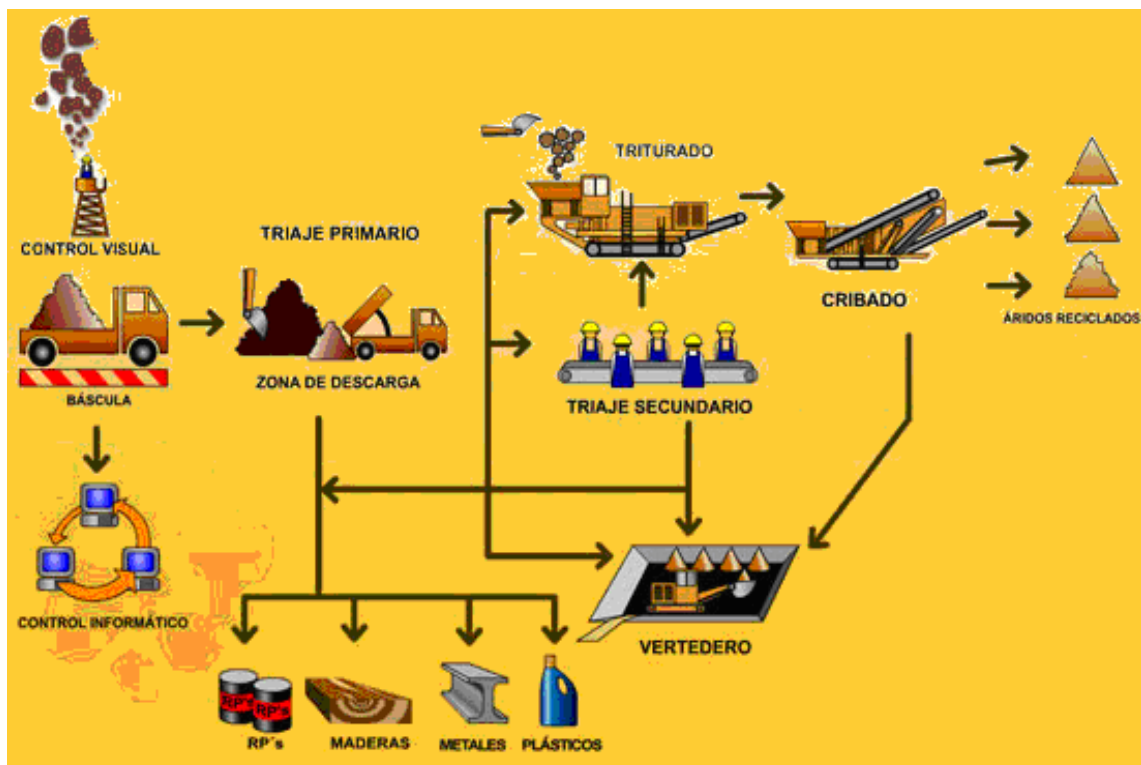


Fig. 8. Esquema del Procesamiento de Residuos Sólidos.

### **2.3.2 Plan de Manejo de Residuos de Construcción y Demolición en el Lugar de Edificación.**

Un plan de manejo es un instrumento de gestión integral de los residuos sólidos que contiene el conjunto de acciones y procedimientos para facilitar el acopio<sup>16</sup> y las disposiciones de residuos que al desecharse se convierten en un problema para las localidades. Entre los principales objetivos de los planes de manejo se encuentran:

- El fomentar la minimización de la generación de los residuos;
- Promover la responsabilidad compartida de los productores, distribuidores y comercializadores;
- Realizar la separación en la fuente, la recolección separada de residuos y fomentar la reutilización y reciclaje de los residuos sólidos, con el objeto de reducir el volumen de los residuos que actualmente van a disposición final.

El planteamiento de un plan de manejo de residuos de construcción y demolición en el lugar de edificación es por lo tanto una importante herramienta para las compañías constructoras y sus clientes, para mejorar su desempeño ambiental, conocer tanto las disposiciones así como controles gubernamentales y reducir los costos de disposición final de los desechos.

### **2.3.2.1 Beneficios de un Plan de Manejo de Residuos.**

El reciclaje y reuso de materiales ha sido asociado con prácticas de construcción “inteligentes”. La experiencia en este sentido ha mostrado a los constructores las ventajas económicas de un adecuado manejo de los desechos de construcción. Por otro lado, la ciudadanía está considerando los beneficios ambientales de estas prácticas ambientales.

Ajuste de costos. Reciclar, reusar y recuperar desechos puede ahorrar dinero. Muchas de las constructoras que han optado por el manejo de desechos de construcción han hecho cambios en su forma de operar así como algunas de sus prácticas para tomar ventaja de la reducción de desechos.

Esto los ha llevado a reducir los costos por disposición final de los mismos, así como a obtener ganancias por el reciclaje, reuso y recuperación de materiales. El reutilizar materiales y métodos de recuperación de los mismos reduce la necesidad de utilizar nuevos materiales, reduce los materiales que se encuentran en el área de construcción creando un área de trabajo más limpia y segura que conlleva a mejores relaciones con la comunidad que rodea el área de trabajo.

Ventaja de Mercado. Una compañía experimentada en el manejo de desechos y el reciclaje es una herramienta valiosa en la comercialización para hacer una oferta en proyectos en respuesta a interés creciente de los clientes y de las autoridades en todos los niveles en la gestión de desechos de la construcción. Los esfuerzos para prevenir



los desechos, de reciclarlos, y de utilizar los materiales reciclados en un proyecto pueden ayudar al equipo de proyecto a ganar una reputación de empresa responsable con el medio ambiente, creando así una ventaja ante sus competidores.

Crear beneficios medioambientales. Las ventajas ambientales también resultan de programas de reciclaje y prevención en la generación de desechos. En el largo plazo, prevenir la generación de desechos de construcción reduce la dependencia de recursos naturales tales como árboles, aceite, y minerales, creando menos contaminación al reducir la fabricación así como emisiones relacionadas con el transporte de los mismos materiales.

La reducción de la energía y del agua requerida para producir de los materiales vírgenes que son utilizados en la construcción contribuye a la reducción de los gases relacionados con la fabricación y el transporte de esos materiales.

Ayuda en la economía. El reciclaje y la reutilización de desechos de la construcción pueden también ayudar a la economía mediante la creación de empleos relacionados con el reciclaje de los residuos de la construcción. Los productos nuevos crean empleos mediante la fabricación de materiales producto del reciclaje.

Ayuda a organizaciones de caridad. Organizaciones pueden usar los materiales de construcción de sobra, muchas veces producto de una demolición selectiva, por ejemplo, para la construcción de albergues, centros de prevención de adicciones o

refugios para animales. En ocasiones se puede arreglar que los materiales sean recogidos en el mismo sitio de construcción por la organización.

En este sentido, el plan de manejo o gestión de residuos en el sitio de obra es una importante herramienta para las compañías constructoras, sin importar su tamaño, para mejorar su desempeño en materia ambiental, conocer las Leyes regulatorias así como para reducir el incremento en los costos de disposición final de los desechos. Cuando las compañías del ramo constructor deciden adoptar un efectivo manejo de los residuos producidos en el sitio de construcción pueden obtener diversos beneficios tales como:

- Un mejor control de riesgos relacionados con los materiales de desecho.
- Una herramienta que puede contribuir a cumplir con regulaciones establecidas en materia de disposición de residuos.
- Un mecanismo para mostrar a clientes y público en general las políticas ambientales aplicadas en la compañía con el fin de reducir los riesgos causados por estos desechos.
- El conocimiento de un sistema que puede producir ahorros mediante el uso adecuado de los insumos de construcción, con el fin de evitar desperdicios y así producir una menor cantidad de residuos.
- Promover una reducción de los impactos ambientales y sociales negativos generados por un inadecuado manejo de sus residuos, minimizando las consecuencias como inundaciones, deslizamientos de barrancos, proliferación de enfermedades, contaminación, entre otras.

- Transformación de una fuente de gastos en una fuente de ingresos mediante la identificación oportunidades de materiales con potencial de reciclaje.
- Reducción de los costos de adquisición de materia prima y preservación de las reservas naturales, debido a la sustitución de materiales convencionales: arena, roca, piedras entre otros.
- Creación de una alternativa para las minas ya que éstas últimas cuentan con características que las hacen viables como un amplio predio para desarrollar la actividad, estaciones de carga, equipos como machacadoras, puentes de transportación, clasificadoras, carro terminal de la cinta, entre otros, y que están cada vez más sujetas a restricciones ambientales.
- Generación de empleos con la creación de nuevas oportunidades de negocio.
- Reducción del uso de energía y de la generación de CO<sub>2</sub><sup>17</sup> en la producción y transporte de los materiales.
- Producción de materiales de menor costo, con reducción del precio final de obras civiles y de infraestructura.
- Vinculación a acciones de educación ambiental y participación comunitaria, necesarias para la implantación del reciclaje.

## **2.4 Reutilización de los Residuos en la Construcción.**

### **2.4.1 Utilización de los Residuos de Concreto.**

Respecto al procesamiento, hay que diferenciar 2 fases; una primera de demolición y una segunda de transformación de los escombros en agregados. Si los escombros van

a ser reciclados, conviene utilizar métodos de demolición que reduzcan *in situ* los escombros a tamaños que pueden ser tratados por un triturador primario de la planta de reciclaje (menores de 1,200 mm en plantas fijas y de 400 a 700 mm para plantas móviles). Así mismo, los procesos de demolición selectiva pueden ayudar a disminuir la presencia de impurezas en los escombros, como por ejemplo el yeso.

Las plantas de producción de agregados reciclados a partir de concreto de demolición son bastante similares a las plantas de trituración de agregados de origen natural, incluyendo trituradoras, cribas<sup>18</sup>, mecanismos transportadores y equipos para la eliminación de contaminantes así como electroimanes para la separación del acero.

Una vez procesados los agregados se almacenan, teniendo en cuenta que se deben almacenar por separado los agregados naturales y los reciclados, así como diferenciar los finos de los gruesos, y que la absorción de agua del agregado grueso es elevada, por lo que éstos se deben usar normalmente en condiciones de saturación. Los almacenes de dichos agregados deben estar provistos de aspersores de agua para mantener estas condiciones de humedad.

Las principales aplicaciones de los agregados provenientes del concreto triturado son en carreteras (bases y sub-bases sin tratar, o tratadas con cemento o algún tipo de aglutinante, y en menor medida en capas superficiales del firme) y en edificación u otras obras públicas.

### **2.4.1.1 Utilización de Agregados Reciclados en la Construcción.**

La incorporación de los residuos de construcción y demolición a la estructura de una carretera puede hacerse, siempre y cuando se cumplan con las condiciones técnicas y medioambientales exigidas, como materiales para la ejecución de rellenos, en explanadas y como agregados reciclados para diversas capas del firme.

En España, las especificaciones técnicas que se refieren a la utilización de agregados reciclados en la construcción de capas de firmes de carreteras se encuentran esencialmente recogidas dentro de la normativa AENOR-CEN, el Pliego de Prescripciones Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3) y el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Conservación de Carreteras; sin embargo, en México aún no se cuenta con la presencia de algún instituto que regule o acote la calidad de los materiales a emplear en diferentes tipos de obra y que sean obtenidos bajo algún procedimiento de reciclaje.

### **2.4.1.2 Comportamiento Mecánico del Concreto Fabricado con Agregados Reciclados.**

El material reciclado que resulta del escombros obtenido por la demolición, que posee materiales mezclados, presenta una notable capacidad de soporte, caso siempre con valores superiores a 50 (índice CBR), lo cual lo convierte en un material para ser usado como sub-base. El material reciclado proveniente de escombros obtenido únicamente por demolición de concretos ya sean armados o simples, presenta valores soporte

California (CBR) superiores al 80 %, lo cual lo convierte en un excelente material para ser empleado en capas de base hidráulica.

Por otro lado, según investigaciones realizadas en el año 2006, se reveló que el agregado reciclado con granulometría adecuada produce mezclas de buena calidad y con un comportamiento mecánico similar al de los concretos naturales. Los concretos reciclados pueden ser utilizados como concretos clase dos, lo que lo convierte en un concreto con una cantidad de aplicaciones nada despreciables. En las resistencias a la tensión y flexión, se encontró que para consumos de cemento de 300 kg/m<sup>3</sup> y mayores, la relación  $f_t/f_c^{1/2}$  y  $MR/f_c^{1/2}$  (siendo  $f_t$  = Resistencia a la tensión,  $f_c$  = Resistencia a la compresión y  $MR$  = Resistencia a la flexión) eran menores para los concretos reciclados, lo que se puede deber a que a bajas relaciones agua–cemento, domina el comportamiento del agregado grueso y a altas relaciones agua–cemento domina el de la pasta. Lo que conlleva a pensar que el agregado reciclado tiene su mejor aplicación en consumos de cemento bajos hasta 300 kg/m<sup>3</sup>, debido a que para consumos mayores pueden resultar mezclas antieconómicas.

#### **2.4.1.3 Reciclado de Pavimentos.**

El reciclado de pavimentos consiste en la reutilización de los materiales existentes en firmes degradados de nuevos firmes. Ello implica habitualmente una serie de operaciones de disgregación, tratamiento y reposición del material, convenientemente mezclado con aglomerantes y agua.

Por una parte los denominados pavimentos asfálticos o flexibles, que permiten ser reciclados en central o *in situ*<sup>19</sup>, en frío o en caliente. El proceso incluye la disgregación del material, su mezcla con aglutinantes y/o agua, así como su extensión y compactación, en ocasiones pueden añadirse materiales granulares nuevos, conglomerantes hidráulicos y completarse el paquete de firmes con nuevas capas de mezclas bituminosas.

Por otro lado los pavimentos de concreto o rígidos, en los que el proceso de reciclado comporta su demolición y triturado para la obtención de materiales utilizables en nuevas capas de firme, habitualmente capas de base o sub-bases de nuevos firmes de nuevos firmes, tratadas o sin tratar. Otra posibilidad es su empleo en la fabricación de nuevos concretos.

Todas estas técnicas son utilizadas en la actualidad para obras de carreteras y aeroportuarias con resultados satisfactorios. En países como España, la base legal que sustenta su utilización es la Orden Circular 8/2001 sobre Reciclado de firmes, que recoge los tres primeros artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Conservación de Carreteras (PG-4). Se establece que las técnicas de reciclado deben tenerse en cuenta en el análisis de soluciones para los proyectos de rehabilitación de firmes en los que la superficie a rehabilitar sea superior a los 70,000m<sup>2</sup>.

En México, mediante la publicación de la Norma NADF- 007-RNAT-2004 se pretende establecer una clasificación y las especificaciones para el manejo de residuos, sin embargo, el alcance de dicha norma es limitado.

Con la reutilización de este tipo de materiales se pueden esperar beneficios como:

- Reducción del impacto ambiental generado por la explotación de canteras para la explotación de agregados naturales, y el consumo de otras materias primas y productos químicos diversos para la elaboración de nuevos concretos.
- Reducción de la producción y el depósito en vertederos de los materiales extraídos como residuo.
- Reducción del impacto social y las emisiones producidas por el tráfico de camiones y otras máquinas que habrían de transportar y elaborar todas las materias y productos necesarios para realizar un nuevo pavimento y durante la demolición y el transporte de los materiales procedentes del firme antiguo hasta su depósito en vertederos adecuados.
- Si el reciclado es además *in situ*, el ahorro en transporte y emisiones es mayor, consumiéndose además menos energía, especialmente si el reciclado es en frío.
- En algunos casos el reciclado in situ supone la no interrupción total del tráfico, y la posibilidad de rápida apertura tras las obras con los consiguientes beneficios (evitar la realización de pistas o trazados alternativos, retenciones...).

El futuro de estas aplicaciones pasa, no sólo por la aplicación y mejora de estas técnicas al mantenimiento de una cada vez más extensa red de carreteras, sino



también por la incorporación de otros residuos de la construcción y demolición, provenientes de otras actividades constructivas, que cumplan con los requisitos de los materiales en las distintas capas del paquete de firmes, tanto en rehabilitación o mantenimiento, como en nuevas realizaciones.

## **2.5 Materiales y Recursos Reutilizables para Construcción, Acabados e Interiores.**

La construcción sustentable incorpora materiales reciclados o de segunda mano. La reducción del uso de materiales nuevos genera una reducción en el uso de la energía propia de cada material en su proceso de fabricación. Los constructores sustentables tratan de adaptar viejas estructuras y construcciones para responder a nuevas necesidades y de ese modo evitar en lo posible construcciones que partan de cero.

Por eso es importante recurrir a los residuos de construcción que son una variada serie de materiales generados en actividades de construcción y demolición, los cuales varían de forma importante dependiendo de aspectos como el tipo de actividad que los origina y el tipo de construcción o demolición de que se trate.

Entre los materiales comúnmente reutilizados en la construcción se encuentran:

- Puertas, Ventanas y Otras aberturas
- Revestimientos Cerámicos
- Tuberías
- Acero Estructural

### 2.5.1 Puertas, Ventanas y Otras Aberturas.



Fig. 9 Puerta de Madera.

Muy a menudo en la demolición de obras como casas y edificios podemos ver como con ellas se destruyen puertas y ventanas, a veces con mucha antigüedad y hechas de material muy resistente que muy bien podría servir no solo para decorar nuestra casa , sino para hacer de nuestro modo de vida ecológico y responsable.

La mejor manera de alargar la vida de una puerta o ventana es reutilizarlas en su función original, pues contribuye a la reducción del uso de materia prima para más fabricación de las mismas.

### 2.5.2 Revestimientos Cerámicos.

En los últimos años la cerámica ha pasado de utilizarse sólo en cocinas y baños a decorar los suelos y paredes de otras estancias de la casa. A diferencia de la madera,

la moqueta<sup>20</sup> y otros materiales empleados como revestimiento, las materias primas que forman los pavimentos cerámicos -tierra y agua- componen un producto natural y de alta calidad, fácil de limpiar y mantener. La variedad de colores, acabados, tamaños y precios es amplia, pero el objetivo es el mismo: proteger las superficies.



Fig. 10 Cerámicos de Baño.

### 2.5.2.1 Tipos de Revestimientos.

Los tipos de revestimientos cerámicos son numerosos. No obstante, se diferencian entre ellos por el material empleado para su composición, el acabado, las dimensiones, el espesor y la dureza.

- Azulejo. Son piezas planas, de poco espesor, fabricadas con arcillas, sílice, fundentes, colorantes y otras materias primas. Este tipo de baldosa es muy resistente al agua y al paso del tiempo. Su textura es fina y homogénea, y de fácil mantenimiento. Está cubierto por un esmalte vitrificado que le aporta impermeabilidad y resistencia a los detergentes, a la abrasión, a los ácidos y al rayado. Aunque la oferta de colores y acabados es muy amplia, predominan los

azulejos de formas cuadradas y rectangulares, que se pueden combinar con piezas complementarias como listones, tacos o cenefas. Su uso es muy adecuado como revestimiento de paredes interiores.



Fig. 11. Azulejos.

- Gres porcelánico. Es la denominación generalizada de las baldosas cerámicas de muy baja absorción de agua, prensadas en seco y sometidas a una única cocción. Puede ser esmaltado o no, mate o brillante. En la cara exterior admite relieves decorativos o antideslizantes. Sus juntas son casi invisibles y crean una sensación de continuidad. Se puede utilizar tanto en interior como en exterior.

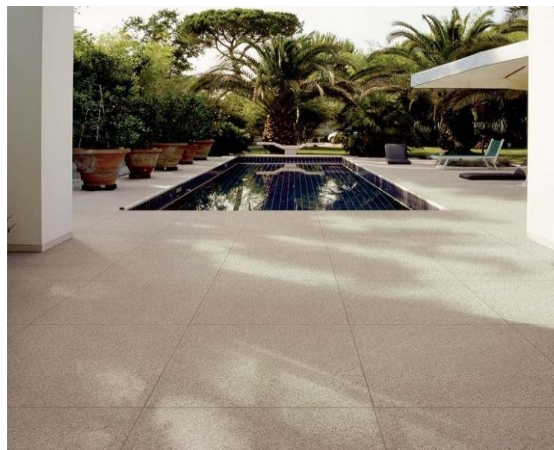


Fig. 12. Gres Porcelánico.

- Gres rústico. De producción artesanal, a menudo no se esmalta y tiene colores cálidos. Las imperfecciones de sus caras y aristas acentúan su aspecto natural. Es similar al revestimiento de barro cocido, pero se diferencia por unas prestaciones mecánicas mayores. Sus formas predominantes son cuadradas y rectangulares, aunque también se pueden encontrar baldosas hexagonales y octogonales, además de una gran variedad de piezas complementarias, como molduras, cubrecantos, tiras o tacos, y especiales, entre las que destacan los peldaños, los rodapiés o los vierteaguas.



Fig. 13. Gres Rústico.

- Barro cocido. Esta denominación engloba muchos productos de diferentes tamaños y características, pero todos se fabrican en pequeñas unidades productivas y con medios artesanales. Las piezas tienen un color terroso no uniforme y sus granos, poros e imperfecciones se aprecian a simple vista. Se utilizan, sobre todo, en casas de campo o para dotar de aspecto rústico a cualquier construcción.

Los esmaltes de las piezas de barro cocido son más sensibles y delicados a la abrasión y desgaste superficial que los azulejos fabricados con procedimientos más avanzados. Dadas estas características, la cara vista de la pieza precisa un tratamiento de brillo e impermeabilidad.



Fig. 14. Piso de Barro Cocido.

- Gresite. Estas piezas de gres esmaltado o vitrificado, también conocido como mosaico veneciano o venecita, tienen su origen en la cultura griega y romana. Su alta resistencia a la humedad, los cambios de temperatura y los productos químicos hacen que sea una buena opción para decorar baños, cocinas y exteriores.

Además, su color se mantiene inalterable con el paso del tiempo y la exposición a la luz. Su pequeño formato (las piezas pueden medir desde 2x2 hasta 5x5 cm.) convierte al gresite en idóneo para superficies curvas, como columnas, o espacios difíciles.

Como revestimiento se puede combinar con otros materiales para crear dibujos y murales.



Fig. 15. Revestimiento de Gresite.

### **2.5.2.2 Ventajas Frente a Otros Materiales.**

De acuerdo a las nuevas tendencias y estilos, hay un tipo de cerámica para cada ambiente de la vivienda, tanto para el interior como para el exterior de la misma. No en vano, las posibilidades estéticas de este tipo de revestimientos dan lugar a espacios cálidos y con estilo. El brillo y la metalización de algunas piezas permiten jugar con la luz para crear efectos de profundidad, amplitud y movimiento. Otra ventaja es su gran resistencia a los cambios bruscos de temperatura y a los agentes químicos y biológicos, además de su incombustibilidad, que evita la propagación de incendios.

Los revestimientos cerámicos también se caracterizan por su facilidad de limpieza y su capacidad de preservación de la suciedad y de cualquier tipo de contaminación. Por otro lado, previenen la humedad y evitan el desarrollo de gérmenes y hongos.

Por su naturaleza pura, los revestimientos cerámicos se fabrican con materias primas de las cuales existe virtualmente una gran oferta. El producto resultante es inerte<sup>21</sup> y sólido y puede ser regresado a la tierra como un material limpio sin contaminantes. Los fabricantes de revestimiento cerámico y materiales de instalación conexos, incorporan gran cantidad de materiales reciclados en sus procesos de producción.

Muchos fabricantes de revestimiento cerámico reciclan cantidades importantes de material de desperdicio generado previa y posteriormente a su consumo, entre otros el vidrio y diversos agregados reciclados. Los fabricantes de materiales para la instalación de revestimiento cerámico emplean gran diversidad de materiales reciclados, entre otros, hule, plástico, vidrio, sulfato de calcio procedente de los rascadores de carbón de las plantas hidroeléctricas, y muchos más.

### **2.5.2.3 Reutilización de Materiales Cerámicos.**

Son estables y muy inertes, sumamente reutilizables. Los residuos originados en las diversas etapas de producción del material pueden ser reintegrados al circuito de elaboración de la materia prima.

Los de obra de fábrica, generalmente van al vertedero; sin embargo, podrían triturarse y utilizarse en la elaboración de hormigones o en firmes de carretera.

Se distinguen, entre los cerámicos, la baldosa artística o antigua, restituida luego de un proceso caro y complejo, los sanitarios que pueden recuperarse en piezas completas y las tejas viejas, muy pedidas para su reutilización.



### 2.5.3 Tuberías Metálicas y Plásticas.

La reutilización de la tubería en la misma línea o en una línea que opere a la misma o menor presión, se permite, siempre que se efectúe una inspección cuidadosa que confirme que la tubería está sana, y que permite el ajuste de uniones bien apretadas, y que tiene un espesor de pared real neto igual o que exceda los requerimientos de las especificaciones. La tubería deberá probarse para verificar que no tenga fugas, para que funcione en óptimas condiciones.



Fig. 16. Tuberías Metálicas.

### 2.5.4 Acero Estructural.

No es tan solo como material que el acero participa en los objetivos de la construcción sustentable, ya que las estructuras metálicas tienen características naturales que también contribuyen a esos mismos objetivos. La construcción sustentable procura minimizar el consumo de recursos naturales y maximizar su reutilización, emplear

recursos renovables y reciclables, proteger el ambiente natural, crear un ambiente saludable y no tóxico y entregar un ambiente construido de óptima calidad.

En la fase final de la vida útil de las estructuras metálicas, gracias a las características enumeradas, es posible proceder a desmantelar las mismas que ya no son utilizadas y proceder a su reconstrucción en otros lugares. Además, si el destino final fuese la demolición, podría procederse al reciclaje del acero. Cabe recordar que el acero puede ser reciclado innumerables veces sin perder sus propiedades, contribuyendo así a la minimización del consumo de recursos naturales y a la maximización de la reutilización de esos mismos recursos.



Fig. 17. Acero de Naves Industriales.

## **2.6 Materiales que Pueden Ser Reciclables para la Construcción.**

El Material Reciclado es el producto resultante del reciclaje, puede extraerse de prácticamente todas las materias que se someten al reciclado, con la excepción de los materiales más contaminantes, como son las pilas o la basura nuclear, para los que aún no existen procesos eficientes de reciclaje.

En el campo de la arquitectura y la construcción es muy reciente el comienzo del uso de materiales reciclados, sobre todo de aquellos procedentes de otras industrias. Sin embargo, hoy en día hay muchos productos de construcción disponibles que se manufacturan de materiales reciclados, estos materiales reducen el costo de la construcción a la vez que maximizan la eficiencia de recursos.

Entre los principales materiales que se pueden reciclar para la construcción tenemos:

- Vidrio
- Madera
- Tejas
- Áridos
- Acero
- Celulosa
- Plástico PET

### **2.6.1 Vidrio.**

El vidrio es un material que por sus características es fácilmente recuperable. Concretamente el envase de vidrio es 100 % reciclable, es decir, que a partir de un envase utilizado, puede fabricarse uno nuevo que puede tener las mismas características del primero.

Esta facilidad de reutilización del vidrio abre un amplio abanico de posibilidades para que la sociedad y las administraciones afectadas puedan autogestionarse de una manera fácil su medio ambiente.

Este elemento es una sustancia transparente, dura y a la vez frágil, compuesta en su mayoría por sílice. En los últimos años se ha tratado de fomentar el reciclaje de vidrio, un material persistente y sofisticado que puede llegar a constituir las tres cuartas partes de edificios como el nuevo planetario de Nueva York, capaz de aguantar tormentas y fuertes vientos. Además, con él pueden construirse ventanas, baldosas, hormigón o incluso, puede servir como aislante térmico y acústico.



Fig. 18. Botellas de Vidrio.

### **2.6.1.1 Proceso de Reciclaje del Vidrio.**

Para la fabricación de vidrio se necesitan arena, sosa y caliza. El vidrio puede reutilizarse varias veces, por lo cual las empresas encargadas los limpian mediante un proceso especial y los vuelven a utilizar (ejemplo, botellas de vidrio).

Después de reutilizarlas varias veces, se procede al reciclado del mismo. A partir de aquí, se separa al vidrio de componentes extraños, se tritura y se limpia.

Luego se utiliza como materia prima (calcín) en el proceso de fabricación de vidrio, mezclándolo con parte de los componentes antes mencionados (arena, sosa y caliza) para garantizar su calidad.

Se funden estos elementos a  $1500^{\circ}\text{C}$  y se obtiene una masa en estado líquido: la gota de vidrio. Esta gota se lleva al molde, que dará forma al nuevo envase.



Fig. 19. Proceso de Reciclaje del Vidrio.

### **2.6.2 Madera.**

La madera es un recurso forestal que mediante un complejo proceso de transformación convierte el tronco de los árboles en un material duro y resistente empleado desde hace muchos años en la construcción.

Es un material perfecto en cuanto a la adecuación de objetivos respecto al medio ambiente. Si la gestión de la madera como recurso natural es correcta, el balance ecológico es positivo y el desarrollo de la actividad es sostenible. Además el ciclo de vida natural de la madera puede reducir el efecto invernadero, ya que convierte el dióxido de carbono en oxígeno.

Los desechos de madera provenientes de la construcción o demolición están compuestos por tablas, maderas tratadas, maderas contrachapadas<sup>22</sup> y maderas contaminadas por pinturas, asbestos y otros materiales químicos. Debido a que la mayor parte de la madera que se procesa es usada como combustible o en elementos de jardinería los procesadores de la misma usualmente sólo aceptan maderas limpias.



Fig. 20. Madera para Cimbra.

Actualmente la madera es un material poco aprovechado en el sector de la construcción. Sin embargo, la madera que se utiliza en el sector de la construcción o encontrada en el derribo es fácilmente reciclable o bien reutilizable en su forma original. La reutilización depende del tratamiento sometido a la madera y su condición.

El reciclaje involucra un proceso de trituración para la fabricación de tableros aglomerados. La madera recuperada se utiliza de guarniciones hasta en barreras de seguridad y permite nuevas utilidades, sea en forma de elementos completos (vigas y armaduras), mineralizándola y haciendo paneles de madera/cemento, o laminándola para hacer parquet, por ejemplo.

Este material también puede ser reciclado para disminuir la tala de árboles y respetar así el medio ambiente. Está confeccionando con fibras, astillas y partículas de madera procedentes de antiguos edificios, muebles, bases de pisos, vigas, puertas, techos o paredes.

### **2.6.2.1 Reciclaje de Madera.**

El reciclaje de madera es el proceso mediante el cual el desecho de madera limpio, que no contiene contaminantes o materiales peligrosos como pegamento, pintura con plomo, amianto o creosota, se desmenuza en astillas y se usa para hacer nuevos productos. Las ramas de los árboles, las cepas, los palés y los descartes de madera limpios de los sitios en construcción son todos ejemplos de residuos de madera limpios.

Reciclar reduce la tala de nuevos árboles, lo que preserva los bosques que forman el hábitat de muchos pájaros y animales, y reduce la incidencia de la erosión en el suelo. La madera que se recicla es desviada de los vertederos y reduce el número de nuevos lugares aún por crear para convertirse en vertederos.

### **2.6.2.2 Proceso de Reciclaje de Madera.**

Dentro de la amplia cadena productiva que emplea madera en alguna o la mayoría de sus actividades, existe un eslabón fundamental: la recuperación de madera. Esta actividad genera el mecanismo base de gestión para que se reciclen grandes cantidades de este subproducto.

Los residuos de madera se componen de recortes, aserrín, viruta, palets, envases, muebles, puertas y ventanas, maderas de encofrado, restos de poda, etc.

El procesado que reciben los residuos de madera en la planta recuperadora no contempla ningún acondicionamiento químico ni cambios de composición, solamente transformación física. De ahí que la clasificación del producto tenga que hacerse desde la recepción de materia prima. En virtud de la procedencia del residuo de madera, junto con una inspección visual, se determina el tipo y calidad de la madera, ubicándose en la zona del almacén destinada a ello.

Los restos de madera suelen ir acompañados de pequeñas cantidades (en exceso podría ser motivo de rechazo) de plástico, papel, cartón, clavos, y otros. Su presencia es indeseable. Estos materiales se presentan entre los residuos de madera, adheridos o por separado. Su origen radica bien en la propia constitución del residuo de madera para el uso que se diseñó (papel publicitario, plástico de recubrimiento, etc.) o bien por un mal uso del contenedor de madera por parte del generador del residuo. Depende mucho de la concientización que se tenga para el uso selectivo del contenedor. Estos



materiales son separados y gestionados adecuadamente para su reincorporación en el ciclo de producción-consumo.

La trituración de los residuos de madera es la parte central del proceso. Es la que transforma realmente la materia prima convirtiéndola en producto. Con el proceso de trituración se pretende dar un primer tratamiento al material en su proceso global de reciclado.

El producto, dependiendo de la calidad, tamaño, ubicación de la empresa, etc., se emplea para diversos fines. El que abarca aproximadamente el 90% es la fabricación de tablero aglomerado, seguido de su utilización como biomasa y fabricación de compost, junto con el empleo para camas de ganado.



Fig. 21 Proceso de Reciclaje de Madera.

### 2.6.3 Tejas.

Las tradicionales tejas de cerámica ya pueden ser sustituidas por otras fabricadas con plásticos reciclados, convirtiéndose así en otro producto ecológico con grandes ventajas, entre las que cabe citar la disminución del peso de nuestros tejados hasta en un 50% y su capacidad para no romperse durante el proceso de almacenaje, distribución y manipulación.

Además, existen tejas de asfalto orgánico en las que hay una gran cantidad de papel reciclado y otras elaboradas a partir de fibras de madera manufacturadas, que son de mucha mejor calidad que las tradicionales tejas sintéticas.



Fig. 22. Tejas Recicladas.

## 2.6.4 Acero.

El metal más utilizado en el mundo es el acero, sobre todo en la construcción y la fabricación de electrodomésticos o automóviles, por lo que su correcto reciclaje tiene una destacada importancia ecológica y económica.



Fig. 23. Varillas de Acero.

Reutilizando este metal, se evita la extracción de materias primas como el hierro y el carbón, además de disminuirse notablemente las emisiones de dióxido de carbono y el consumo de energía y agua. Además, el acero conserva tras su reciclaje todas sus cualidades (resistencia, dureza y maleabilidad), aspectos importantes para un gran número de envases y productos.

### 2.6.4.1 Proceso de Reciclaje del Acero.

Proceso de reciclado:

- Se recogen y clasifican los diferentes metales.

- Las latas de aluminio y acero se comprimen para llevarlas a la planta de reciclado.
- Las latas comprimidas se meten en una trituradora para desmenuzarlas.
- Un enorme imán que se sitúa sobre el metal, separa el acero del aluminio. Los dos metales tendrán una aventura diferente en su proceso de reciclaje.
- El aluminio se funde y se moldea en lingotes de 25 toneladas.
- Los lingotes de aluminio se funden y se pasan por rodillos para formar laminas finas, haciendo así latas nuevas.

En el caso de acero por ejemplo, las latas de conserva están formadas un 99% de acero, forrado en el interior con una fina capa de estaño evitando así la oxidación del material que contienen. Se colocan estas latas en un cubo con agua sometiendo a electricidad y sustancias químicas, la reacción obtenida es que el estaño flota separándolo del acero. Para continuar el proceso de reciclaje, el acero puro se lava e introduce en la fundidora para hacer lingotes. Los lingotes de acero se funden y pasan por rodillos para así formar láminas finas en hojas delgadas para latas nuevas.



Fig. 24. Acero Fundido.

Objetos reciclables de metal:

- Latas de conservas
- Latas de cerveza
- Tapas de metal
- Botones de metal
- Papel aluminio
- Bolsa interior de la leche en polvo
- Alfileres
- Alambre
- Cacerola de aluminio

#### **2.6.4.2 Reciclado del Aluminio.**

En 1990, más del 50% de las latas de aluminio fabricadas en EE.UU. fueron producto del reciclaje. En la actualidad se recicla todo el aluminio que se produce como recorte durante la fabricación de productos y una parte importante del resto.



Fig. 25. Latas de Aluminio.

Los expertos aseguran que se saca suficiente energía reciclando una lata de aluminio como para hacer funcionar un televisor durante 3 horas y media, además reduce la contaminación en un 95%.

El reciclado de aluminio sé está poniendo de moda ya que todos queremos reciclar aunque a algunos les importe mas la ganancia económica que la contaminación que producen estos desechos.

El aluminio no cambia sus características durante el reciclado por lo que se puede repetir indefinidamente, además los botes se pueden hacer enteramente con metal reciclado.

Hay muchos modos de reciclar botes. En algunos países el reciclado viene impuesto por la legislación y se gestiona a través de consorcios. En otros países el reciclado es voluntario. Esta actividad la organiza organizaciones voluntarias, proyectos escolares, el ayuntamiento, etc.

### **2.6.5 Papel**

Los copos de papel reciclado funcionan como un excelente material aislante de ruidos y de altas y bajas temperaturas, ejerciendo a la vez una función protectora contra el fuego y todo tipo de roedores. Tras un efímero proceso, el papel de periódico puede llegar a convertirse en un eficaz aislante natural como es la celulosa reciclada, transformándose en paneles semirrígidos de alta densidad que a largo plazo resultan más económicos y

mejores que los tradicionales y que tienen la peculiaridad de absorber más de un 15% de humedad.

En consecuencia, se consigue ahorrar una gran cantidad de energía en calefacción y aire acondicionado, manteniendo la estructura del edificio seca y segura, gracias a un producto fácilmente manejable.

### **2.6.5.1 Proceso de Reciclaje del Papel**

El proceso de reciclado de papel se divide en varios pasos, enlistados a continuación:

- **Recolección de papel:** La recolección se hace normalmente fuera de la fábrica y empieza en los tiraderos de basura y continúa hasta llegar a centros de acopio donde todo el papel a granel que llega, se empaca para poder alcanzar un mayor volumen en un menor espacio. Estas pacas de papel son las que finalmente llegan a las fábricas listas para ser procesadas.
- **Recepción en fábrica:** Los camiones y tráilers que llegan a la fábrica, depositan las pacas que son inmediatamente revisadas para verificar que no contengan grandes cantidades de otros materiales que no pertenezcan al papel o al tipo de papel que supuestamente se está comprando. Hay que señalar que una hoja blanca impresa es más valiosa que una hoja de directorio, puesto que la primera, es de mejor calidad y contiene más fibra; por lo tanto, es más cara. Los viajes que no tengan un mínimo de calidad requerido, son regresados para ser re-seleccionados.

- Hidrapulper: El hidrapulper es un tipo de molino que se encarga de sacar la fibra al material reciclable que se introduzca en él. Es una especie de batidora que revuelve el agua con el papel que ingresa y lo bate hasta que la mezcla queda con la pulpa de papel.

Tiene en su parte superior un alambre de púas que sirve para remover la basura que pueda contener este papel ya que si se dejara, podría arruinar la maquinaria utilizada más adelante en el proceso. La mezcla sale por una platina agujerada que funge como un colador, para solamente dejar pasar a la fibra con el agua y no la basura que no haya sido atrapada por las púas.



Fig. 26. Hidrapulper.

- Coladeras: La mezcla es pasada por más coladeras. Las cuáles tienen agujeros cada vez más pequeños para evitar que toda la basura que carga la mezcla pase por los equipos.
- Limpiadores: Una vez evitada la basura, hay que quitar la tierra y arena que contenga la mezcla. Hemos de señalar, que la arena es un material extremadamente corrosivo y es importante removerla del proceso para que no afecte las tuberías. Los limpiadores funcionan con un principio físico en donde la



fuerza centrípeta hace a los materiales pesados (arena, piedras y otros) caer al fondo del separador y se permite así, su separación de la mezcla.

- **Depuradores:** Los depuradores son unos filtros que separan las fibras cortas de las fibras largas. Mientras más pequeña sea la fibra, más limpia está. Las fibras largas, por su parte, son enviadas a un dispersor. El dispersor cuenta con unas platinas con aperturas de 1.2 mm que hacen que las fibras largas se limpien de la basura y ceras que contengan, para ser enviadas al espesador junto con las fibras cortas.
- **Espesadores:** Éstos constan de un cilindro gigante que, por medio de un sistema de vacío, pega las fibras cortas en él y empieza a girar. Por un sistema de aspersión, la fibra pegada es mojada y pasada por más fibra húmeda, de tal manera que se logra que éstas se peguen y con esto se logra espesarlas.
- **Resistencia:** Se le añaden a la pasta: encolantes, almidón y sulfato de aluminio para darle resistencia y durabilidad al papel. Dependiendo del uso final, se le pueden agregar otros químicos para darle resistencia contra el material que se va a utilizar con él.
- **Máquina:** Estas máquinas pueden ser procesadoras gigantes de hasta 300 toneladas de papel por turno. En México, se encuentra la máquina más grande de Latinoamérica. Cuentan con 5 mesas de formación, donde cada una, puede procesar una capa de papel. Cada mesa tiene varios rodillos por donde se va pasando la pasta para alisarla y secarla. Finalmente, se pasa el papel por un

rodillo con un fieltro para terminar de remover el agua que quedó en el papel y sale finalmente la hoja lista para su entrega.

Cuando termina el proceso, normalmente se toma una muestra del papel que se produjo para llevarla al laboratorio de calidad donde se miden ciertas cualidades como el gramaje, el perfil, la humedad y el calibre.

### **2.6.5.2 El Papel Utilizado en la Construcción.**

Un ejemplo del reciclado de papel en la construcción es el “papercrete”. El Papercrete es un material de construcción que consiste en utilizar la pulpa de papel como fibra con cemento Portland o arcilla y / o otros suelos como añadido.

La Primera patente fue en el año 1928, pero desde la década de 1980 sea reavivado su interés. Se percibe como un material ecológico, debido al importante contenido de papel reciclado, esto se compensa con la presencia de cemento. El material carece de la normalización, y de utilización adecuada, por lo que requiere cuidado y experiencia para su uso.



Fig. 27. Casa de Papercrete.

Para su fabricación se pueden utilizar papeles provenientes de una variedad de fuentes. Periódicos, el correo basura, revistas, libros, etc obtenidos de casa o de vertedero, o residuos de papeleras son todos útiles. En función del tipo de mezclador utilizado para la mezcla de pulpa, el papel puede estar empapado en el agua de antemano.

Paperpulp (la pulpa de papel) pueden añadirse a los suelos de arcilla donde la arena no está disponible. Añadir pulpa de papel ayuda a minimizar agrietamiento cuando el material se seca.

Otro buen ejemplo es la fabricación de bloques de papel. Existen diferentes métodos que permiten crear bloques, ladrillos o muros a partir del reciclaje del papel mezclándolo con otros aditivos para proporcionarle resistencia.



Fig. 28 Bloques de Papel.

### **2.6.6 Plástico PET.**

El PET es el plástico más comúnmente reciclado en los E.U. y Europa. Se emplea generalmente en envases y botellas y frecuentemente contiene estabilizantes y

retardantes de flama. La cantidad total de pigmentos y aditivos que contiene puede alcanzar el 30% de su peso.



Fig. 29. Botellas de PET.

Su producción emplea sustancias irritantes y durante su producción pueden emplearse metales pesados como catalizadores, mismos que terminarán siendo liberados al ambiente. Sin embargo, se considera que el PET no ocasiona impactos severos a la salud, y representa un riesgo menor para el ambiente que el PVC (Policloruro de vinilo).

Tereftalato de polietileno (PET). Incluye botellas para bebidas (como las botellas de refresco de 2 litros), bolsas de hervir ahí mismo el alimento congelado y bandejas para comidas calentadas en microondas. El plástico PET representa aproximadamente el 7% de todos los plásticos.

#### **2.6.6.1 Proceso de Reciclaje del PET.**

Este paso es extremadamente importante, porque si el PET se contamina con PVC, su valor comercial disminuirá drásticamente. Inclusive, dependiendo de su nivel de contaminación, puede quedar inservible. Otro motivo por lo que es muy recomendable

este primer paso es porque en esta etapa es relativamente fácil separar las botellas de PVC de las botellas PET. Una vez molidas, la separación es casi imposible, debido a los pesos específicos similares de estos dos materiales.

El siguiente paso es llevar al material a un equipo rascador de etiquetas donde dentro de un baño de agua se remueven las etiquetas y, además, se perforan las botellas. De esta manera entra agua a su interior y se aplastan con facilidad. Este equipo, que es utilizado con mucha frecuencia, tiene en su interior barras y segmentos de cintas helicoidales soldadas sobre una flecha, gracias a cuales es posible eliminar aproximadamente el 80% de las tapas y etiquetas de las botellas. La operación utiliza solamente agua a temperatura del ambiente, sin detergentes y sin aditivos químicos, logrando un material recuperado con suficiente limpieza para la mayoría de las aplicaciones.

Para lograr un alto grado de limpieza en el material recuperado, el agua se puede calentar y agregarle diferentes tipos de aditivos. El agua caliente ocasiona un ligero cambio en la coloración de las botellas de PVC por lo tanto facilita la identificación de aquellas botellas que no han sido separadas durante el proceso de selección manual.

Ocasionalmente, en lugar de este equipo rascador de etiquetas se puede utilizar un equipo turbo lavador, llamado también lavador por fricción. Este equipo es muy similar a los turbo mezcladores utilizados para producir compuestos de PVC o a los sistemas de aglomerado para películas de Polietileno.

El equipo consta de un tanque cilíndrico vertical, con hélice en su fondo. Este equipo puede desgarrar y lavar directamente las botellas o lavar la molienda de las botellas. Es muy eficiente, ya que debido a la fricción el agua se calienta, aunque tiene la desventaja de que su consumo eléctrico es muy alto.

Posteriormente, las botellas pasan a otra banda transportadora permitiendo su inspección y la eventual selección de algunas botellas de PVC. Esta banda alimenta a un molino que tritura las botellas bajo el agua, produciendo hojuelas grandes, las cuales alimentan a uno o dos equipos de lavado y flotado para separar las tapas y las etiquetas. De esta manera las hojuelas de PET quedan muy limpias.

El siguiente paso es secar las hojuelas y en seguida conducir las a otro molino triturador que las reduce de tamaño para que sean apropiadas para extrusión o inyección.

Finalmente las hojuelas se transportan neumáticamente por un turboventilador a un silo de almacenaje que permite llenar cajas, contenedores o supersacos. Este ventilador además de transportar el material también elimina la humedad remanente que puede tener el material reciclado.

Gracias a que estos equipos normalmente son modulares permiten adaptarlos a diferentes condiciones y a diferentes cantidades de producciones según requerimientos.

Aunque estos equipos utilizan grandes cantidades de agua, debido a que esta circula a contra flujo del proceso es muy eficiente y el agua utilizada se puede tratar para su reutilización en el mismo proceso o para otras finalidades. En ciertos casos las hojuelas, ya limpias, se pueden filtrar y pelletizar<sup>23</sup> en un equipo de extrusión precristalizándolas.

### **2.6.6.2 Tipos de Reciclaje del PET.**

Hay habitualmente tres tipos de reciclado del PET: el mecánico, el químico y el energético; siendo el primero el más usado por ser el menos costoso.

#### Reciclado mecánico

Consiste fundamentalmente en aplicar calor y presión a los objetos para darles nueva forma. De todos los tipos de plásticos, este proceso solo puede aplicarse al grupo de los termoplásticos, que funden al ser calentados por encima de la temperatura de fusión.

1. Cuando el material llega a la central de reciclado pasa a una zona de lavado y secado para evitar que se mezclen impurezas.
2. Una vez limpio se le somete a una trituración mediante máquinas de molienda, de forma que los trozos de material salen muy pequeños, en forma de bolitas o incluso a veces en forma de polvo.

3. Este material triturado alimenta una máquina de extrusión<sup>24</sup> que proporciona calor y presión para que la masa de plástico se funda y pueda utilizarse para extrusionar o moldear piezas nuevas.

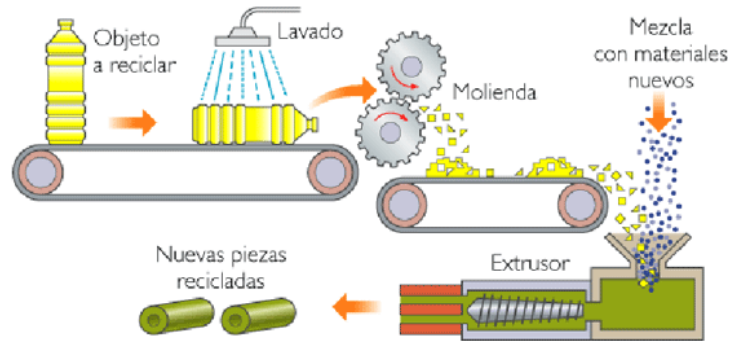


Fig. 30. Reciclado Mecánico del PET.

### Reciclado químico

Consiste en separar los componentes químicos o monómeros<sup>25</sup> que forman el plástico. Se trata, por tanto, de invertir las etapas que se siguieron para crearlo. Entre los diferentes métodos que se utilizan están la metanólisis<sup>26</sup>, la pirólisis<sup>27</sup>, la hidrogenación o la aplicación de disolventes.

1. El reciclado químico por metanólisis del PET (polietilentereftalato) se inicia con un lavado y una compresión de los objetos.
2. Se consigue una molienda que se introduce en un reactor, que es la máquina que divide las moléculas de PET en moléculas de tereftalato de dimetilo y etilenglicol, dos compuestos químicos con los cuales se fabrica el PET.
3. Estos compuestos serán la materia prima para fabricar nuevos plásticos.



Por medio del reciclado del PET en diversos países se obtienen flejes, láminas para termoformados, fibra poliéster para ropa, madera plástica, tarimas, fibra para relleno térmico, alfombras; en los casos de reciclado de mayor calidad hasta se obtienen botellas nuevas.

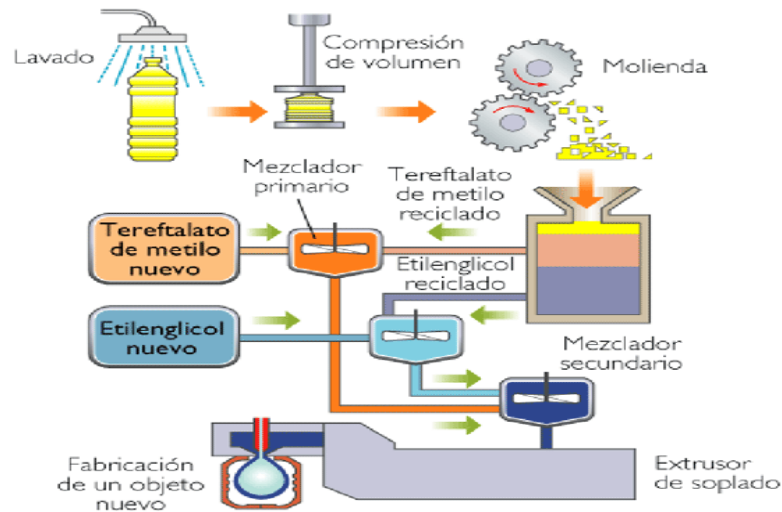


Fig. 31. Reciclado Químico del PET.

### Reciclado energético

Muchos plásticos pueden arder y servir de combustible. El plástico usado se lleva a una incineradora para ser quemado, obteniéndose energía calorífica que puede utilizarse en los hogares o en la industria, o bien para obtener electricidad.

A modo de ejemplo: 1 kg de polipropileno aporta en su combustión casi tres veces más energía calorífica que 1 kg de madera de leña; 1 kg de PET aporta igual energía que 1 kg de carbón; o 1 kg de polietileno genera igual energía que 1 kg de gasóleo. Pero, al tratarse de un proceso de combustión, se genera  $\text{CO}_2$  que es expulsado a la atmósfera y contribuye al efecto invernadero, así como otros compuestos gaseosos que pueden

resultar tóxicos. Por ello, este proceso debe ir acompañado de controles y medidas de seguridad que eviten estos efectos dañinos.

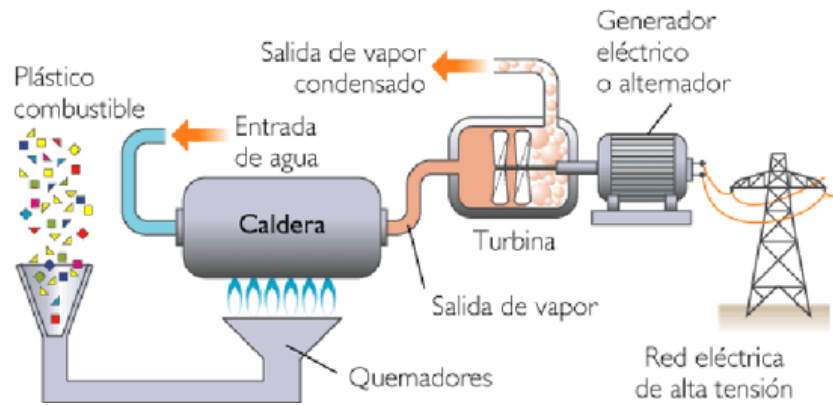


Fig. 30. Reciclado Energético del PET.

### 2.6.6.3 Aplicación del PET en la Construcción.

Hoy en día la utilización del plástico PET es una práctica que los constructores están tomando cada vez más en cuenta.

#### Botellas de PET como ladrillo

Es el método más sencillo y que menos tecnología involucra, ya que la botella de PET se conserva tal cual está y se rellena de arcilla. Las botellas utilizadas como ladrillos son puestas horizontalmente entre columnas convencionales de concreto, madera o metal.

Una vez levantados, los muros se unen con cables y se cubren con concreto, barro, estuco y arcilla para aumentar su rigidez.

Al utilizar arcilla, la temperatura interior permanece constante, cerca de 23°C, y presentan un buen aislamiento a la humedad y el ruido.

Este tipo de construcción por su sencillez es propicia para labores de autoconstrucción de vivienda social, tanto rural como urbana.



Fig. 33. Utilización del PET como Ladrillo.

## 2.7 Criterios de Construcción con Materiales Reciclados.

Según el Código de Edificación de Vivienda se debe procurar que los materiales de construcción que se utilicen en la vivienda, en general, cumplan con las siguientes características:

- No contener contaminantes ni sustancias tóxicas que puedan perjudicar la salud, tanto para quien los fabrica, como para quien los instala y usa.
- Ser resistentes y poder ser reparados con medios locales.
- Ser renovables y abundantes, provenir de un origen y fabricación con efecto mínimo en el medio natural.
- No producir radiaciones naturales o inducidas.

- Tener buenas cualidades térmicas y acústicas.
- No contaminar electromagnéticamente.
- Generar pocos desperdicios y ser reutilizables o reciclables.
- Poderse reciclar en su uso original o tener un uso distinto.

## 2.8 Impacto Ambiental, Social y Económico del Reciclaje de Materiales.

Tabla 3. Impacto Ambiental de los Materiales.

IMPACTO AMBIENTAL	IMPACTO SOCIAL Y ECONÓMICO
PAPEL	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminuir el volumen de desecho en los vertederos y medio ambiente.</li> <li>• Disminuir la tala de árboles para el uso de materia prima para el papel.</li> <li>• Aumentar el ciclo de reforestación.</li> <li>• Disminuir el consumo de agua en el proceso industrial del papel.</li> <li>• Disminuir el consumo de energía que genera el proceso de transformación del papel.</li> <li>• Menos uso de químicos en el proceso de fabricación del papel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de fuente de empleo en sectores vulnerables.</li> <li>• Mejor calidad de vida a familias de bajos recursos.</li> <li>• Disminución de los efectos directos en salud, higiene derivado de la generación de Desechos.</li> <li>• Mejoría en el Ingreso económico del sector del reciclaje y la industria de papel.</li> <li>• Disminución del gasto en consumo energético, social y público.</li> </ul>

MATERIAL FERROSO	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción del volumen de residuo generado por la industria metal mecánica, construcción, minera, alimenticia etc..</li> <li>• Menor emanación de gases y disminución de químico producto de la industrialización de los metales usando materia prima reciclables producto del ahorro energéticos, disminución de contaminantes y residuos. Mejor uso de los recursos naturales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de fuente de empleo en sectores vulnerables.</li> <li>• Disminución de los efectos directos en salud, higiene derivado de la generación de desechos</li> <li>• Mejoría en el Ingreso económico de sector reciclaje</li> <li>• Disminución del gasto en consumo energético, social y público.</li> <li>• Economía de escala en la elaboración de productos por reducción de costo de Industrialización.</li> </ul>
VIDRIO	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminuir el volumen de desecho en los vertederos y medio ambiente.</li> <li>• Disminución del consumo de agua en el proceso.</li> <li>• Menos contaminación al disminuir el uso de energía en proceso.</li> <li>• Disminución del uso de materia prima virgen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de fuente de empleo en sectores vulnerables.</li> <li>• Mejor calidad de vida a familias de bajos recursos</li> <li>• Ahorro energético en el proceso de transformación del vidrio.</li> </ul>

PLÁSTICOS Y POLÍMEROS	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción del volumen de residuo en el medio ambiente.</li> <li>• Ahorro energético al usar menos energía se disminuye contaminación en el proceso.</li> <li>• La reducción en la fuente aminora la polución y el efecto invernadero.</li> <li>• Requiere menos energía transportar materiales más livianos.</li> <li>• Menos energía significa menos combustible quemado, lo que implica a su vez menor agresión al ambiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de fuente de empleo en sectores vulnerables.</li> <li>• Disminución de los efectos directos en salud, higiene derivado de la generación de desechos.</li> <li>• Mejoría en el Ingreso económico de sector reciclaje.</li> <li>• Disminución del gasto en consumo energético, social y público.</li> <li>• Economía de escala en la elaboración de productos por reducción de costo de industrialización.</li> </ul>

## 2.9 Ejemplos de Proyectos de Edificación con Materiales Reciclados y Reutilizados.

Desde tiempos pasados hemos sido testigos que para la construcción de una vivienda convencional, se precisa de: ladrillos, cemento, arena, aditivos, madera, entre otros; sin embargo ante la imperante necesidad de cuidar de nuestro medio ambiente y disminuir la generación de residuos sólidos, es que actualmente se pueden apreciar nuevas casas construidas con botellas de plástico e inclusive de vidrio, llantas, madera, entre otros, las cuales han permitido la reutilización y el reciclado de algunos materiales.

### 2.9.1 Edificaciones Construidas con Plástico PET.

Actualmente en algunos países se están realizando proyectos nuevos de construcción de este tipo de viviendas, tal es el caso de la comunidad mexicana de Pepextla, en la cual se está desarrollando un proyecto de reciclaje para posteriormente iniciar la construcción de una casa piloto de botellas, para la cual se requerirán aproximadamente 7.000 botellas recicladas, dicho plan demandará del apoyo de escuelas, recolectores del estado y de la ayuda voluntaria de la ciudadanía para hacer posible este maravilloso emprendimiento.

Por otro lado, en Honduras la empresa Eco Tec ha logrado construir una casa ecológica con 8.000 botellas PET. La cual consta de un techo viviente (techo verde) constituido por césped, el cual regula la temperatura de esta vivienda de manera más eficiente que los techos convencionales de madera, concreto y tejas. Este techo de 102 m<sup>2</sup>, que pesa más de 30 toneladas cuando está mojado, es sostenido gracias a paredes construidas con botellas de plástico.



Fig. 34. Casa de Botellas PET en Honduras.

Otro caso interesante se ha dado en Guatemala, en el pueblo de Granados, donde una fundación guatemalteca llamada Pura Vida propone un método novedoso para reutilizar los plásticos y construir paredes. Así, utilizan botellas de plástico, que llenan con otros residuos plásticos, para construir paredes. De esa manera, un grupo de personas construyó dos aulas para una escuela utilizando este sistema.

Así también en Serbia, un profesor de Ciencias Físicas ha construido una casa usando 14.000 botellas de plástico en lugar de ladrillos. Sólo la base, de hormigón, está hecha con un material tradicional. Tomislav Radovanovic ha tardado cinco años en levantar este peculiar inmueble.

A este profesor jubilado de la ciudad serbia de Kragujevac, situada 130 kilómetros al sur de Belgrado, se le ocurrió la idea de diseñar el singular hogar de 60 metros cuadrados después de mantener una charla con sus alumnos sobre la construcción alternativa.

De esta manera, decidió hacer las paredes exteriores con botellas de cerveza de dos litros y los tabiques interiores con recipientes de un litro. El resto de la casa (canalones, muebles, azulejos, ventanas, etc.) ha sido realizada a base del material PET, un embalaje de plástico reciclado. Todo a excepción de las paredes del baño, que están recubiertas de tapones de botellas.

Radovanovic y sus alumnos recogieron de los vertederos casi todos los materiales que conforman la casa. Esto ha hecho que el desembolso del proyecto haya sido muy reducido. "La casa es confortable y prácticamente no me ha costado nada", indica



Radovanovic subrayando que las botellas son aislantes térmicos muy buenos. Además, en caso de sismo, es preferible estar en esta casa que en un edificio de ladrillos.



Fig. 35. Casa de Botellas en Serbia.

En Bolivia se han dado iniciativas similares, gracias a emprendimientos visionarios y caritativos de personas como Ingrid Vaca Diez, quien ha impulsado proyectos de reciclaje, que luego le han permitido construir casas de botellas para gente de escasos recursos en su localidad Warnes, permitiendo a estas personas la oportunidad de tener un hogar propio, en algunos casos por primera vez.

La construcción de la casa de Warnes demoró cerca de un año, la casa cuenta con 120 m<sup>2</sup> para lo que se utilizaron más de 10.000 botellas plásticas de dos litros, 3.000 de 600 ml y 3.000 botellas de vidrio para edificar la sala, comedor, cocina, dos dormitorios y un baño.

Asimismo, según indica Ingrid, para la construcción de una casa de botellas se necesita rellenar con arena las botellas plásticas y pegarlas con una gran masa de engrudo, sal,

cal, azúcar, tierra roja, aceite de linaza, hasta sangre de vaca y un poco de cemento, logrando de esta manera que la misma sea impermeable.

Ella comenta también que para una pared de 40 cm, por cada metro cuadrado, se requiere de 81 botellas de dos litros. Lo que nos demuestra la cantidad de botellas que son necesarias reciclar para lograr terminar una de sus grandes obras.

Las casas que construye tienen forma circular, porque se ahorra cemento, se terminan más rápido y son más resistentes a los vientos fuertes. Así también, las botellas se rellenan con bolsas de plástico, con pilas y con baterías pequeñas, que se envuelven en un plástico duro y muy grueso y se ubican en el medio de la botella, aisladas con tierra y arena.

Finalmente, las botellas se atan armando una especie de encadenado que forman paredes de cuarenta centímetros de espesor, tan resistentes y firmes como una pared de concreto.



Fig. 36. Casa de Botellas en Warnes.

Este tipo de proyectos nos demuestra que el reciclaje no solo beneficia al medio ambiente, sino también a la sociedad, ya que puede lograr algo tan significativo como la construcción de una vivienda.

Por ello no debemos quedarnos atrás y debemos contribuir con nuestra parte, iniciando campañas de reciclaje en el hogar, en el trabajo, en la escuela y tal vez así estemos ayudando en un futuro a que una familia pueda cumplir el sueño de todo ser humano, tener un hogar propio.

### **2.9.2 Edificaciones Construidas con Neumáticos.**

El Earthship (Navetierra) es una unidad de vivienda globalmente orientada y completamente independiente hecha con materiales que, por suerte o por desgracia, hoy por hoy son "autóctonos" en la totalidad del planeta. Los principales componentes estructurales de la vivienda son neumáticos usados rellenos con tierra compactada que conforman apretados ladrillos de tierra encerrados en un sólido cinturón de goma. Estos ladrillos, y los muros maestros que forman, son virtualmente indestructibles. Los neumáticos tienen una baja energía incorporada, y están listos para ser reutilizados en la construcción sin alteración alguna.

La confección de los muros a partir de neumáticos usados rellenos con tierra compactada es sin duda el elemento más original e innovador de las viviendas earthship. Las ventajas que ofrece este tipo de construcción son varias. Tras treinta años de vida, la solidez de los earthship parece garantizada: hecha con unos ladrillos

de entre 100 y 150 kgs. de peso cada uno, colocados de manera escalonada y compactados con mezcla de manera que forman muros suficientemente gruesos y resistentes como para constituirse en sus propios cimientos, según insisten las informaciones y los testimonios recogidos. Diferentes clases de palas, mazas y martillos para la óptima compactación, serán útiles imprescindibles para la construcción del earthship.



Fig. 37. Construcción de un Earthship.

Otra de las ventajas que tiene este sistema frente al adobe por ejemplo es que se puede utilizar con cualquier tipo de tierra, y no se necesita cocción o calor para los bloques.

Muchos pensarían que estas casas son altamente susceptibles a los incendios, pero las llantas solo se queman si hay presencia de aire, así que al estar enterradas no arden.

Está comprobado que la temperatura de la tierra -aun a pocos palmos de profundidad- permanece siempre sobre medias constantes menos extremas que las del exterior, la excavación de la estructura en el suelo es clave para conseguir la creación de una masa térmica en el interior de la vivienda, gracias a la acción de los muros que actúan

como reguladores de las temperatura del exterior, acumulando en su interior el calor de las horas de sol, que irán desprendiendo lenta y paulatinamente en las horas nocturnas.

Un material de construcción como éste es fácil de encontrar, de reducido o nulo coste, y contribuye además a la reutilización de un sub-producto cuya destrucción, a menudo, representa un serio problema ambiental.

La terminación de los bordes de los muros se consigue con una compactación con bloques de cemento u hormigón que rematan la estructura de los muros maestros.

Los tabiques y muros interiores que no soportan peso, se construyen en el earthship con la ayudas de latas de refresco a modo de ladrillos compactadas con mezcla. Las latas, además de ser otro elemento de reciclaje, permiten unos acabados curvos difíciles de lograr con los ladrillos comunes. Se utilizan también mitades de botellas que permiten el paso de la luz y crean efectos sorprendentes en los interiores.

### **2.9.3 Edificaciones Construidas con Papel o Cartón.**

La empresa Swiss Cel está patentando la idea de construir casas en las cuales los muros están hechos de una estructura a base de papel reciclado especial en forma de sandwich en cuyo interior hay unas celdillas en forma de panal de abeja que aparte de aislar le da una resistencia extraordinaria, según el fabricante es capaz de resistir altas presiones, el fuego y el agua sin ningún problema. El precio de fabricación de las casas con este tipo de "muros" es muy bajo y por eso está expandiendo su tecnología a

países en vías de desarrollo, aún así la idea es sostenible al utilizar materiales reciclados y no necesita de unos consumos extraordinarios para su fabricación como podrían ser los de una construcción convencional.



Fig. 38. Casa de Papel de Swiss Cel.

El diseño parece simple, pero con la alta resistencia de estas estructuras se podrían construir casas de varios pisos en un futuro, la celdilla en forma de panal de abeja por su geometría reparte la tensión en el muro de una manera que sorprende incluso al propio fabricante.



Fig. 39 Estructura de los Muros de la Casa de Papel.

Las "universal worldhouse", que es como las llaman tienen un precio de fabricación muy bajo y se pueden transportar prefabricadas con mucha facilidad, una casa de 36 metros

cuadrados puede pesar unos 400Kg con tuberías y todo y costar menos de 5000 dólares. De ahí que sea tan interesante su expansión en zonas donde hay necesidad.

Los muros se hacen abatibles y debido a la estructura aislante podrían convertirse en una buena opción como casas bioclimáticas, en las que el control de las temperaturas y de la entrada de luz que son determinantes para el consumo de energía se pueda controlar fácilmente.



Fig. 40. Muros Abatibles.

Teniendo en cuenta que entre dos personas pueden cargar un muro fácilmente su alta resistencia y aislamiento y las posibilidades que aportan a la construcción podrían convertirse en soluciones muy interesantes para el futuro sostenible de la sociedad mundial.

Aparte de que el descubrimiento y aplicación de este tipo de estructura de tipo panel de abeja que reparte el esfuerzo podría utilizarse para fabricar corrales, cuartillos agrícolas, y otras estructuras incluso para ingeniería industrial como aspas de molinos.

El fabricante propone distintos tipos de relleno para las celdillas que las pueden hacer más resistentes más aislantes. Según en la parte en la que se vaya a utilizarse la pieza en cuestión.



Fig. 41. Estructura tipo Panal de Abeja.

#### **2.9.4 Casas Ecológicas Construidas con Bloques de Papel Reciclado.**

En Córdoba, Argentina surgió la iniciativa de un proyecto de construcción de viviendas con bloques de papel reciclado, en respuesta a un importante déficit habitacional en la región.

El Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE), de Córdoba, Argentina ha desarrollado ladrillos, bloques y placas utilizando como materia prima papel reciclado y cáscara de maní que es ligado con otros materiales como arena, cal, entre otros, para ser utilizados en la construcción de viviendas económicas y ecológicas.



Las estrategias de construcción sustentable que se proponen no solamente contemplan la “autoconstrucción asistida”, sino también la fabricación de partes con nuevos materiales.



Fig. 42. Bloques de Papel Reciclado.

Con esta nueva estrategia pueden lograrse varios objetivos simultáneos. Por un lado, la organización de unidades productivas en zonas marginales o de escasísimos recursos por medio del aprendizaje y la aplicación de tecnologías apropiadas. Por el otro, ofrecería una vía para la generación de empleo.

Características Técnicas de los bloques reciclados:

Afirma el CEVE argentino que, este nuevo material de construcción posee igual resistencia que los convencionales, además de ser un 70% más liviano y un excelente aislador térmico.

En primer lugar, son mucho más livianos que los materiales de rutina. Un bloque de cemento tradicional pesa 14 kilos; los nuestros, ocho. Un ladrillo normal pesa dos kilos; los que fabricamos nosotros, un kilo cien. Sobre este material prende muy bien el cemento, porque es muy rugoso. Y, además, como tiene mucho aire, funciona como una aislación térmica muy efectiva.



Fig. 43. Casa Construida con Bloques de Papel

### **2.9.5 Viviendas Construidas a Base de Madera.**

Los pallets<sup>28</sup> o plataformas de envío son a menudo hechos en base a una muy buena madera caracterizada por su resistencia. Lo que resulta paradójico y una falta de consideración es que dicha madera suele usarse tan solo un par de veces para el transporte de cargas pesadas y luego ser desechada sin tener en cuenta su calidad. La noticia es que esta madera tan desestimada puede servir para la construcción de una casa.

En la Fig. 44 una casa en Curacaví, Chile, revestida en base a pallets pintados de blanco, que además de ser bonitos a la vista proporcionan refrigeración, ventilación natural y dejar entrar la luz. Pueden por otra parte estos pallets ser usados para la creación de viviendas en situaciones de desastres naturales de una manera muy rápida y barata.

En la Fig. 45 vemos un sistema de vivienda modular diseñado por dos estudiantes de la Universidad de Viena para un concurso de arquitectura sostenible, que fue construido en base a la suma de tan solo 11 dólares por metro cuadrado.



Fig. 44. Casa Revestida de Pallets.

Fig. 45. Vivienda de Pallets.

La madera obtenida de diversas fuentes, sobre todo de estructuras demolidas puede ser un material sumamente útil para construir y agregar carácter a una casa.

La casa del árbol que vemos abajo, en la Fig. 46, está hecha en base a madera y objetos encontrados en la basura y es claramente una vivienda atractiva con un estilo rústico muy bien logrado.



Fig. 46. Casa del Árbol

De manera alternativa la madera recuperada también puede añadirse a estructuras nuevas para dar un toque más atractivo e interesante con el contraste al interior del hogar.

### **CAPÍTULO 3. CONCLUSIONES.**

Al volvernos más conscientes de la importancia de preservar el medio ambiente, nos damos cuenta de cómo ciertas acciones actúan deteriorándolo. Sabemos de lo importante que es cuidar el agua, reducir nuestro consumo de energía y hasta reciclar, pero también sabemos que al salir de casa y transportarnos a nuestras actividades diarias, estamos dejando una gran huella negativa en el ambiente.

Nuestro hogar es una fábrica de emisiones contaminantes. Usando enormes cantidades de agua que se consumen y se van al desagüe, energía para encender nuestros televisores, computadoras, lavadoras y otros electrodomésticos, producimos varias bolsas de basura al día. Es más, la propia construcción de nuestra casa tuvo un impacto negativo en la comunidad donde vivimos.

Tales efectos se reducirían considerablemente si en el ramo de la edificación de nuestro país se introdujeran nuevas técnicas que permitan la construcción a partir de materiales ya sea reciclados o reutilizados, así como también reducir la generación de desechos de construcción; estas son acciones que reafirman y fortalecen el concepto de construcción sustentable.

Los profesionales del sector y la sociedad deber estar cada vez más preparados para el desenvolvimiento de esas actividades. En ese sentido, la transferencia del conocimiento al medio técnico y a los gestores urbanos es fundamental para la implantación del reciclaje. Además de ello, se hace necesario el apoyo a las actividades de investigación y desenvolvimiento, para consolidar la cultura del reciclaje de residuos de materiales de construcción.

Para llevar a buen término esta actividad, se proponen algunas recomendaciones para los implicados en el tema, es decir, Gobierno, Diseñadores, Constructores y Gestores de residuos.

Para el Gobierno

- Implementar campañas con el objetivo de crear conciencia de reciclaje y reutilización de productos.
- Desarrollar la normativa necesaria que establezca los requisitos de calidad de los materiales reciclados producto de los residuos sólidos de construcción con el fin de obtener de ellos una certeza de sus cualidades técnicas.
- Impulsar la creación de plantas de tratamiento de residuos sólidos de construcción.

- Contar con un control eficaz de la producción y gestión de los residuos sólidos de construcción.

#### Para los Diseñadores

- Tomar conciencia de que existen alternativas de diseño sustentable que involucran materiales reciclados, de uso, etc., que además de ser ecoamigables derivan en un menor costo y son bastante modernas.
- Planificar en la fase de diseño, la modelización de la producción de los diferentes residuos de construcción en cantidad y tipología durante lo que será la etapa de construcción.
- Evaluar el costo de la disposición de los residuos de construcción con el fin de incorporarlos a los presupuestos generales de la obra, al tratarse de una actividad más del desarrollo del proyecto.

#### Para los Constructores

- Capacitarse con nuevas técnicas de construcción con materiales reciclados y reutilizados y proponerlas a los clientes como una forma de construcción segura, eficaz, económica y sobre todo amigable con el medio ambiente.

- Tomar conciencia en la adecuada gestión de los residuos que son producidos durante el desarrollo de las actividades que se realizan.
- Establecer un plan de manejo de residuos de construcción y demolición en el lugar de edificación, en el cual, para ser llevado a cabo, será necesario integrar de forma eficaz a todos los colaboradores y establecer los controles correspondientes en el plan de seguimiento.
- Colaborar en la evaluación de los costos de gestión y disposición de los residuos con el fin de incorporar estos costos en el presupuesto general de la obra.

#### Para los Gestores

- Considerar que para la mejor rentabilidad de las plantas de tratamiento de residuos sólidos de construcción y demolición, éstas deberían estar instaladas en depósitos de residuos inertes o minas.
- Garantizar la calidad constante de los productos reciclados y reutilizados.

Finalmente, es fundamental destacar que reutilizando y reciclando materiales de construcción de viviendas y edificación, y otros de uso diario de cualquier índole estamos ayudando a mejorar nuestro medio ambiente, nuestra comunidad y lo más importante, le estamos retribuyendo y agradeciendo a la naturaleza lo que nos provee.



## CAPÍTULO 4. GLOSARIO DE TÉRMINOS.

**Pedacería<sup>1</sup>:** Secciones, cortes o partes más pequeñas de algún material.

**Mampostería<sup>2</sup>:** Se llama mampostería al sistema tradicional de construcción que consiste en erigir muros y paramentos, para diversos fines, mediante la colocación manual de los elementos o los materiales que los componen (denominados mampuestos) que pueden ser, por ejemplo: ladrillos, bloques de cemento prefabricados piedras, talladas en formas regulares o no.

**Tepetatosos<sup>3</sup>:** Proveniente del suelo de tepetate. Tepetate es el nombre que recibe un horizonte del suelo endurecido, considerado a veces como un material paralitológico —es decir, similar a las piedras— y característico de las zonas volcánicas de América.

**Mortero<sup>4</sup>:** El mortero es una mezcla de conglomerantes inorgánicos, áridos y agua, y posibles aditivos que sirven para pegar elementos de construcción tales como ladrillos, piedras, bloques de hormigón, etc. Además, se usa para

rellenar los espacios que quedan entre los bloques y para el relleno de paredes. Los más comunes son los de cemento y están compuestos por cemento, agregado fino y agua.

**Pedraplenes<sup>5</sup>:** El pedraplén es un elemento constructivo que consiste en la extensión y compactación de materiales pétreos procedentes de excavaciones de roca. Se usa para la construcción rellenos, bien de gran altura o que sean inundables. El pedraplén suele estar formado por fragmentos de roca de gran tamaño que oscilan entre los 100 mm y los 900 mm.

**Agregados<sup>6</sup>:** Se entiende por agregados a una colección de partículas de diversos tamaños que se pueden encontrar en la naturaleza, ya sea en forma de finos, arenas y gravas o como resultado de la trituración de rocas.

**Infraestructura<sup>7</sup>:** Conjunto de elementos o servicios que se consideran necesarios para el funcionamiento de una organización o para el desarrollo de una actividad.

**Desbrozado<sup>8</sup>:** Consiste en extraer y retirar de las zonas designadas todos los árboles, tocones, plantas, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basura o cualquier otro material indeseable.

**Estrío<sup>9</sup>:** Es el proceso de clasificación de un producto en las distintas calidades que pueda tener.

**Abrasividad<sup>10</sup>:** Es de característica abrasiva. Un abrasivo es una sustancia que tiene como finalidad actuar sobre otros materiales con diferentes clases de esfuerzo mecánico —triturado, molienda, corte, pulido—. Es de elevada dureza y se emplea en todo tipo de procesos industriales y artesanos.

**Cubicidad<sup>11</sup>:** Se define como una forma constituida por seis caras cuadradas que forman ángulos de 90° entre sí; cada una de las caras corta a uno de los ejes cristalográficos y es paralela a los otros dos. En la fabricación de balasto, aglomerado asfáltico u hormigón la necesidad de emplear roca con las tres dimensiones parecidas es algo fundamental.

**Artesa<sup>12</sup>:** Recipiente cuyos cuatro lados se van estrechando hacia el fondo.

**Tamiz<sup>13</sup>:** Utensilio que se usa para separar las partes finas de las gruesas de algunas cosas y que está formado por una tela metálica o rejilla tupida que está sujeta a un aro.

**Tiraje<sup>14</sup>:** Acción que consiste en tirar o lanzar una cosa o material con el fin de separarlo de otro y desecharlo.

**Soplante<sup>15</sup>:** Se dice de la máquina utilizada para forzar la circulación de aire.

**Acopio<sup>16</sup>:** Juntar, reunir en cantidad alguna cosa.

**CO<sub>2</sub><sup>17</sup>:** Dióxido de carbono.

**Cribas**<sup>18</sup>: Utensilio consistente de una superficie (de tela o una lámina de algún tipo) con agujeros sujeta a un aro de madera o metal, empleado para separar granos u objetos de diferentes tamaños (cribar), o para separar lo útil del desperdicio

**In situ**<sup>19</sup>: Es una expresión latina que significa «en el sitio» o «en el lugar»,<sup>1 2</sup> y que es generalmente utilizada para designar un fenómeno observado en el lugar, o una manipulación realizada en el lugar.

**Moqueta**<sup>20</sup>: Tejido fuerte de lana u otro material cuya trama es de cáñamo y con el cual se hacen alfombras y tapices

**Inerte**<sup>21</sup>: Se aplica a la sustancia o materia que carece de la capacidad de provocar reacciones químicas.

**Contrachapada**<sup>22</sup>: También conocido como multilaminado, "plywood", triplay o madera terciada, es un tablero elaborado con finas chapas de madera pegadas con las fibras transversalmente una sobre la otra con resinas sintéticas mediante fuerte presión y calor. Esta técnica mejora notablemente la estabilidad dimensional del tablero obtenido respecto de madera maciza.

**Pelletizar**<sup>23</sup>: Aglomerar en forma de pequeñas esferas un material que estaba desgranado.

**Extrusión<sup>24</sup>:** La extrusión es un proceso utilizado para crear objetos con sección transversal definida y fija. El material se empuja o se extrae a través de un troquel de una sección transversal deseada. Las dos ventajas principales de este proceso por encima de procesos manufacturados son la habilidad para crear secciones transversales muy complejas y el trabajo con materiales que son quebradizos, porque el material solamente encuentra fuerzas de compresión y de cizallamiento. También las piezas finales se forman con una terminación superficial excelente.

**Monómeros<sup>25</sup>:** Un monómero (del griego mono, 'uno', y meros, 'parte') es una molécula de pequeña masa molecular que unida a otros monómeros, a veces cientos o miles, por medio de enlaces químicos, generalmente covalentes, forman macromoléculas llamadas polímeros.

**Metanólisis<sup>26</sup>:** Este método consiste en la degradación del PET (Figura 7) utilizando temperaturas en el rango de 180–280oC y presiones entre 2–4 MPa.

**Pirólisis<sup>27</sup>:** Consiste en calentar el polímero a una velocidad de a 25oC/min hasta alcanzar una temperatura de 700oC, los productos de reacción en estas condiciones son principalmente CO<sub>2</sub> y CO, los cuales, al mezclarse con otros materiales plásticos pirolizados, se obtienen nuevos materiales.

**Pallets<sup>28</sup>:** Un pallet, es una estructura de agrupación de carga, fabricada generalmente con madera. La funcionalidad del pallet, es el transportar carga, generalmente, fruta.

Por lo mismo, los pallet, tiene forma rectangular o cuadrada. Esto es, para que sea más fácil su manipulación.

## CAPÍTULO 5. BIBLIOGRAFÍA.

- Careaga, Juan, “Manejo y reciclaje de los residuos de envases y embalajes, SEDESOL, México, 1993.
- Castells, Xavier, “Reciclaje de residuos industriales”, Díaz de Santos, 1era Ed., 2000.
- Centro Experimental de la Vivienda Económica, “Ladrillos de plástico reciclado. Una propuesta ecológica para la vivienda social”, 2da Ed., Argentina, 2008.
- Diario Oficial de la Federación, “Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos”, México, 2003.
- Díaz-Barriga, “Los residuos peligrosos en México. Evaluación del riesgo para la salud.”, Salud Pública de México, México, 1996.
- Leyes Federales de México, “Ley General del Equilibrio y la Protección al Ambiente”, México, 2012.

- Marín, Toni, *et al*, “Ecohabitar”, Bioconstrucción, Permacultura y Vida Sostenible, <http://www.ecohabitar.org>, (Publicaciones electrónicas).
- Martínez, I., “Comportamiento mecánico de concreto fabricado con agregados reciclados”, UNAM, México, 2006.
- Reynolds, Michael, “La Navetierra. Cómo construir la suya.” Ed. Earthship, Vol 1, Nuevo México, EE.UU., 2011.
- Moch, Yves, “Impacto Ambiental de los Materiales de Construcción, Barcelona, 1996.
- Revista Mecánica Popular. Casa construida con latas de aluminio, Vol 32, Número 7, Julio de 1977.
- Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal, México, (2003).